

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**Identificación de áreas en riesgo de inundación por el río
Huanta, a un kilómetro aguas abajo del puente
Huanta sector Accoscca - 2020**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGRÍCOLA**

PRESENTADO POR:

Alfredo Vargas Ñaupa

ASESOR:

Ing. Efraín Chuchón Prado

Ayacucho – Perú

2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
TESIS

**Identificación de áreas en riesgo de inundación por el río Huanta, a un
kilómetro aguas abajo del puente Huanta sector Accoscca-2020**

Expedito : 29 de enero de 2022

Sustentado : 19 de agosto de 2022

Calificación : Bueno

Jurados :



Ph.D. SÁNDRA DEL ÁGUILA RÍOS
Presidenta



M.Sc. JUAN CHARAPAQUI ANCCASI
Miembro



Ing. JOHN SAMUEL CAZORLA ORIHUELA
Miembro



Ing. EFRAÍN CHUCHÓN PRADO
Asesor

A mis padres:

Víctor Vargas Huayhua y Florentina Ñaupá Gutiérrez, en reconocimiento a su comprensión, apoyo, y sus nobles consejos, durante este tiempo de aprendizaje en cada momento de mi vida.

A mis hermanos:

María, Rayil, Maricilia, Hilmar, por su apoyo incondicional en cada momento y que de una alguna manera me han inculcado en mi aprendizaje.

AGRADECIMIENTO

A mi primera casa de estudios, la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Alma mater de mi formación académica, por acogerme y brindarme los materiales necesarios para mi conocimiento.

A mi Facultad de Ciencias Agrarias, en especial a mi Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola; a los docentes de esta ilustre Escuela, por brindarme sus conocimientos me encaminaron a dilatar los míos.

Al Ing. Efraín Chuchón Prado, por su asesoramiento y por su orientación para su realización de esta tesis.

A mis compañeros y amigos por su colaboración desinteresada.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice general.....	iv
Índice de tablas	vii
Índice de figuras.....	ix
Resumen.....	1
Introducción	2
CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO	4
1.1. Antecedentes	4
1.1.1. Internacional.....	4
1.1.2. Nacional	4
1.2. Hidrología	5
1.3. Cuenca hidrográfica	5
1.4. Características físicas de una cuenca	5
1.4.1. Área de la cuenca (A).....	5
1.4.2. Perímetro de la cuenca (p)	5
1.4.3. Forma de la cuenca	5
1.5. Parámetros geomorfológicos de la cuenca.....	6
1.5.1. Parámetros de forma	6
1.5.2. Parámetros de relieve	8
1.5.3. Parámetros de la red hidrográfica	10
1.5.4. Tiempo de concentración	12
1.6. Estudio hidrológico	13
1.6.1. Precipitación.....	13
1.6.2. Parámetros estadísticos de los datos de lluvia	13
1.6.3. Periodo de retorno	14
1.6.4. Análisis estadístico de datos hidrológicos	14
1.6.5. Determinación de tormenta de diseño.....	19
1.6.6. Cálculo del número de curva para la cuenca (CN)	22
1.6.7. Estimación de caudales	24
1.7. Estudio hidráulico	32

1.7.1. Estado del flujo	32
1.7.2. Régimen de flujo	33
1.7.3. Coeficiente de rugosidad de Manning	33
1.7.4. Base teórica para la simulación con el programa HEC-RAS.....	35

CAPÍTULO II METODOLOGÍA..... 36

2.1. Ubicación del proyecto	36
2.1.1. Ubicación política	36
2.1.2. Ubicación geográfica	36
2.1.3. Límites	37
2.1.4. Vías de acceso	38
2.2. Materiales y equipos	38
2.2.1. Materiales y equipos de campo	38
2.2.2. Materiales y equipos de gabinete	38
2.3. Metodología	39
2.3.1. Determinar los parámetros geomorfológicos mediante el software ArcGIS de la cuenca del río Huanta, a un kilómetro aguas abajo del puente Huanta, sector Accoscca	39
2.3.2. Determinar los caudales máximos mediante el modelo HEC-HMS y otros métodos (directos, empíricos e hidrológicos) para tiempos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años, a un kilómetro aguas abajo del puente Huanta, sector Accoscca	48
2.3.3. Identificar los tirantes y las áreas en riesgo a inundación mediante la implementación del modelo HEC-RAS para tiempos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años, de las riberas del río Huanta, a un kilómetro aguas abajo del puente Huanta, sector Accoscca	53

CAPÍTULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN 57

3.1. Resultados	57
3.1.1. Determinación los parámetros geomorfológicos mediante el software ArcGIS de la cuenca del río Huanta, a un kilómetro aguas abajo del puente Huanta, sector Accoscca	57
3.1.2. Determinar los caudales máximos mediante el modelo HEC-HMS y otros métodos (directos, empíricos e hidrológicos) para tiempos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años, a un kilómetro aguas abajo del puente Huanta, sector Accoscca	63

3.1.3. Identificar los tirantes y las áreas en riesgo a inundación mediante la implementación del modelo HEC-RAS para tiempos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años, de las riberas del río Huanta, a un kilómetro aguas abajo del puente Huanta, sector Accoscca	78
3.2. Discusiones	81
3.2.1. Parámetros de cuenca Huanta	81
3.2.2. Caudales máximos para los distintos tiempos de retorno	82
3.2.3. Características de las secciones con respecto a los caudales de simulación hidrológica	83
3.2.4. Identificación de áreas en riesgo a inundación	83
CONCLUSIONES	84
RECOMENDACIONES	85
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	86
ANEXOS.....	88

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.1. Clasificación de pendiente en las cuencas	8
Tabla 1.2. Periodo de retorno de diseños recomendado para estructuras menores ...	14
Tabla 1.3. Valores críticos de "d" para la prueba de Smirnov-Kolmogorov.....	19
Tabla 1.4. Coeficientes de duración de lluvias entre 48 horas y una hora.....	21
Tabla 1.5. Número de curva de esorrentía para usos selectos de tierra agrícola, suburbana y urbana	23
Tabla 1.6. Coeficientes de la ecuación regional de descargas en el Perú	25
Tabla 1.7. Valores del coeficiente de rugosidad n	34
Tabla 2.1. Ruta de acceso.....	38
Tabla 2.2. Valores de Curva Numero (CN) según los grupos para nuestro modelo.....	48
Tabla 3.1. Pendientes de la cuenca por criterio de número de ocurrencias.....	58
Tabla 3.2. Áreas parciales para la curva hipsometrica	59
Tabla 3.3. Longitud del río principal	60
Tabla 3.4. Longitud total de la red hidrográfica.....	61
Tabla 3.5. Pendiente del cauce principal.....	61
Tabla 3.6. Resumen de resultados de los propiedades morfometricas.....	62
Tabla 3.7. Número de curva para la cuenca	64
Tabla 3.8. Precipitaciones máximas de 24 horas seleccionadas	64
Tabla 3.9. Análisis de datos dudosos	65
Tabla 3.10. Prueba de ajuste de Smirnov Kolmogorov.....	67
Tabla 3.11. Precipitación máxima de 24 horas para periodos de retorno	67
Tabla 3.12. Caudal máximo por el método Sección-Pendiente	68
Tabla 3.13. Caudales máximos por método regional (Creager).....	69
Tabla 3.14. Caudales máximos por el método Racional modificado de Temez	70
Tabla 3.15. Caudales máximos por método de curva número	71
Tabla 3.16. Caudales máximos por método de Hidrograma unitario triangular	72
Tabla 3.17. Parámetros de Muskingum de las subcuencas	73
Tabla 3.18. Parámetros K y X de Muskingum para tramos AB y BC (C=aforo)	73
Tabla 3.19. Caudales máximos para la modelación hidráulica.....	77
Tabla 3.20. Tirantes en las secciones inundadas para periodo de retorno 10 años	79

Tabla 3.21. Tirantes en las secciones inundadas para tiempo de retorno 25 años	80
Tabla 3.22. Tirantes en las secciones inundadas para periodo de retorno de 50 años	80
Tabla 3.23. Tirantes en las secciones inundadas para periodo de retorno de 100 años	80
Tabla 3.24. Áreas en riesgo a la inundación	81

ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1.1.	Curva hipsométrica y frecuencia de altitudes	9
Figura 1.2.	Curva intensidad – Duración – Frecuencia.....	20
Figura 1.3.	Ejemplo de hietograma de diseño	22
Figura 1.4.	Hidrograma unitario triangular	27
Figura 1.5.	Almacenamiento por prisma y por cuña en un tramo de canal.....	31
Figura 2.1.	Ubicación departamental y provincial	37
Figura 2.2.	Ubicación distrital y la cuenca en estudio	37
Figura 2.3.	Descarga del DEM desde la página de https://search.asf.alaska.edu	40
Figura 2.4.	Generación del archivo Fill (relleno de desperfecciones en el DEM)...	40
Figura 2.5.	Generación del archivo FlowDir (dirección de flujo).....	41
Figura 2.6.	Generación del archivo FlowAcc (Acumulación de flujo).....	42
Figura 2.7.	Obtención del Área, Perímetro y Centroide de la cuenca.....	42
Figura 2.8.	Generación de pendientes de la cuenca	44
Figura 2.9.	Generación de áreas parciales de la cuenca	44
Figura 2.10.	Río principal de la cuenca Huanta	45
Figura 2.11.	Orden de la red hídrica de la cuenca Huanta.....	46
Figura 2.12.	Longitud total de la red hídrica de la cuenca.....	47
Figura 2.13.	Cobertura vegetal generado para la cuenca	49
Figura 2.14.	Aplicación del software Hidroesta 2.....	50
Figura 2.15.	Datos de entrada de precipitación cada hora	52
Figura 2.16.	Histograma de precipitación de la cuenca Huanta.....	53
Figura 2.17.	Curvas de nivel cada 0.5 m del río Accoscca	54
Figura 2.18.	Modelo digital de terreno del río Accoscca	54
Figura 2.19.	Secciones transversales para la modelación hidrológica.....	55
Figura 2.20.	Valores de coeficiente de rugosidad de Manning.....	55
Figura 2.21.	Caudales máximos y las condiciones de contorno en Hec-RAS	56
Figura 2.22.	Plan de la simulación hidráulica Hec-RAS	56
Figura 3.1.	Curva hipsométrica y frecuencia de altitudes	59
Figura 3.2.	Perfil longitudinal del río principal.....	60
Figura 3.3.	Caudal máximo para el tiempo de retorno de 10 años.....	73
Figura 3.4.	Hidrograma de salida para $Tr = 10$ años.....	74

Figura 3.5.	Caudal máximo para el tiempo de retorno de 25 años.....	74
Figura 3.6.	Hidrograma de salida para $Tr = 25$ años.....	75
Figura 3.7.	Caudal máximo para el tiempo de retorno de 50 años.....	75
Figura 3.8.	Hidrograma de salida para $Tr = 50$ años.....	76
Figura 3.9.	Caudal máximo para el tiempo de retorno de 100 años.....	76
Figura 3.10.	Hidrograma de salida para $Tr = 100$ años.....	77
Figura 3.11.	Avenidas máximas para los tiempos de retorno	78
Figura 3.12.	Tirantes hidráulicos en la Sección 4182	79

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación, se realizaron los estudios hidrológico e hidráulico para delimitar la zona inundable a orillas del río Huanta en sector Accoscca, se determinaron parámetros geomorfológicos de la cuenca, siendo el área 56.43 km², índice de gravelius 1.55, factor de forma 0.19, pendiente de la cuenca 12.44 %, altura promedio 4058.71 m, altura media ponderada 3985.17 m, cauce principal 14.99 km, inclinación del cauce principal 9.97 %, orden de red hídrica 3, concentración de drenaje 0.54km y tiempo de concentración 1.72 horas. Las crecidas máximas se calcularon utilizando datos de precipitación máxima diaria de las estaciones de Huanta y Quinua para 26 fechas de registro (1992-2017), análisis de datos cuestionables (Outlier) y análisis de frecuencia utilizando modelos probabilísticos. Las crecidas máximas se calcularon utilizando métodos directos, empíricos, hidrograma unitario y modelo Hec-HMS y promediaron 30,48 m³/s, 45,42 m³/s, 59,20 m³/s y 75,55 m³/s, en tiempos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años. Para el área inundable se usó el modelo de simulación hidráulica unidimensional Hec-RAS y se obtuvieron 0.18, 0.46, 0.75 y 1.03 ha delimitadas por el programa Hec-GeoHMS.

Palabras clave: Áreas en riesgo, inundación, avenidas máximas, hidrológico, hidráulico.

INTRODUCCIÓN

La ciudad de Huanta cuenta con áreas urbanas y agrícolas en márgenes del río, expensas y vulnerables a las inundaciones, que sucedieron a través de los años causados por las crecidas máximas del río Huanta, que fueron identificados por el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción de Riesgos de Desastres.

La topografía del lugar en estudio tiene una topografía irregular y naturalmente ondulada, la ubicación de las casas es la más contraproducente, ya que el caudal aumenta durante las lluvias. Es necesario prestar atención al riesgo de inundaciones durante temporadas de lluvia.

La zona a estudiar comprende desde un kilómetro aguas abajo del puente Huanta, sector Accoscca, que se encuentra con inconveniencias de delimitación del cauce del río y propiedades marginales, por lo cual será de mucha ayuda realizar esta tesis con la finalidad de identificar las zonas de inundación.

Objetivo general

Determinar las áreas en peligro a inundación mediante el modelamiento hidrológico e hidráulico de las máximas avenidas en la cuenca del río Huanta, a un kilómetro aguas abajo del puente Huanta, sector Accoscca.

Objetivos específicos

1. Determinar los parámetros geomorfológicos mediante el software ArcGIS de la cuenca del río Huanta, a un kilómetro aguas abajo del puente Huanta, sector Accoscca.
2. Determinar los caudales máximos mediante el modelo Hec-HMS y otros métodos (directos, empíricos e hidrológicos) para tiempos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años, a un kilómetro aguas abajo del puente Huanta, sector Accoscca.

3. Identificar los tirantes y las áreas en riesgo a inundación mediante la implementación del modelo HEC-RAS para tiempos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años, de las riberas del río Huanta, a un kilómetro aguas abajo del puente Huanta, sector Accoscca.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. ANTECEDENTES

1.1.1. Internacional

Duque, et al., (2019), realizaron simulaciones de comportamiento hidrológico en la cuenca tropical del Azuay en un estudio titulado “Evaluación del Sistema de Modelado Hidrológico HEC-HMS para la Simulación Hidrológica de una Microcuenca Tropical Andina”. , en Ecuador. Utilizaron las curvas de IDF para crear el Hietograma. Se utilizó el sistema de modelado hidrológico utilizando herramientas Hec-HMS y el ArcGIS para conocer las características de la cuenca. Luego obtenga los flujos para períodos de retorno 25, 50 y 100 años. Concluye que la metodología utilizada fue apropiada para cuencas de menos de 250 km² y que la información limitada arrojó resultados aceptables para la descarga máxima.

1.1.2. Nacional

Díaz (2019), realizó el modelado hidrológico e hidráulico del río San Ramón, en su tesis titulado “Modelado Hidrológico e Hidráulico del Río San Ramón para el Diseño de Puentes de Circunvalación, Junín, Provincia de Satipo”, en el trabajo titulado calculó el caudal máximo para diferentes períodos de retorno utilizando el método de precipitación-escorrentía, se utilizó el Hec-HMS para obtener los caudales de diseño y el programa Hec-RAS para simular la planicie de desbordamiento para cada período de retorno. Finalmente, concluye actualizarse con los programas como Hidroesta, Hec-HMS y Hec-RAS, esto se debe a que ayuda a mejorar los cálculos que forman parte de la categoría Hidrología.

González (2014), en el trabajo de la UNSCH titulado “Análisis de vulnerabilidad de Inundaciones del Río Yucaéz, Sector Muyurina–Ayacucho”, describe el análisis hidrológico e hidráulico y la estimación de áreas en riesgo, para lograr este objetivo

utilizó el software ArcGIS, para generar datos de precipitación de hasta 24 horas, curvas I-D-F para máxima intensidad, cálculo de Hietogramas de diseño por método de bloque alterno, por métodos directos, empíricos, hidrogramas y aplicación del Hec-HMS.

1.2. HIDROLOGÍA

“La hidrología es la ciencia natural que estudia el agua, su ocurrencia, su circulación y distribución en la superficie terrestre, sus propiedades químicas y su relación con el ambiente, incluidos los organismos vivos.” (Villón, 2002, p. 15).

1.3. CUENCA HIDROGRÁFICA

“Se define como un área natural o un compartimento delimitado por una división del relieve (divortium aquarum) que captura la precipitación y dirige la escorrentía a una cuenca común, un río importante.” (Vásquez, et al, 2016, p. 15).

1.4. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE UNA CUENCA

El funcionamiento de una cuenca es similar al funcionamiento de un recopilador, recibe la lluvia y la transforma en escorrentía. Este cambio conduce a la pérdida de agua, posición que depende de las situaciones climáticas y de características físicas de la cuenca. En base a esto, algunas de las propiedades más importantes son: (Cahuana, et al, 2009, p. 17).

1.4.1. Área de la cuenca (A)

“Superficie plana de forma irregular en proyección horizontal que se obtiene tras definir la cuenca. Medida en kilómetros cuadrados, a excepción en pequeñas cuencas, ya que estas son expresadas en hectáreas” (Cahuana, et al, 2009, p. 17).

1.4.2. Perímetro de la cuenca (p)

“Es el contorno de forma irregular (límite exterior) proyectado sobre una superficie horizontal obtenido después de delimitar la cuenca” (Cahuana, et al, 2009, p. 18).

1.4.3. Forma de la cuenca

“Afecta las características de drenaje del flujo durante los eventos de flujo máximo. En general, la escorrentía de una cuenca más o menos circular es diferente de otra cuenca que es estrecha y alargada pero de la misma área.” (Cahuana, et al, 2009, p. 19).

1.5. PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS DE LA CUENCA

“La geomorfología de la cuenca se define por su forma, relieve y drenaje, para lo cual se han establecido varios parámetros.” (Cahuana, et al, 2009, p. 19).

- Parámetros de forma
- Parámetros de relieve
- Parámetros de la red hidrográfica.

1.5.1. Parámetros de forma

a) Índice de compacidad (I_c)

“Es la relación que hay entre el contorno de una cuenca con el de un círculo de la misma área de la cuenca” (Cahuana, et al, 2009, p. 19).

$$I_c = 0.282 \frac{P}{\sqrt{A}} \dots\dots\dots \text{Ec. 01}$$

Donde:

A: Área de la cuenca (km^2)

P: Perímetro de la cuenca (km)

I_c : Índice de compacidad.

Si: $I_c=1$, la cuenca será circular. Coeficiente que da una noción de la escorrentía y la forma del hidrograma resultantes de la precipitación particular en una cuenca.

Si: $I_c \approx 1$ cuenca regular

$I_c \neq 1$ cuenca irregular (si I_c es mayor, menos susceptible a inundaciones).

b) Rectángulo equivalente

“Esto permite representar cuencas de formas heterogéneas con igual área y contorno la misma disposición de altura y la misma distribución de terreno. Una transformación geométrica” (Cahuana, et al, 2009, p. 21).

$$L = \frac{I_c \cdot \sqrt{A}}{1.128} * [1 + \sqrt{1 - (\frac{1.128}{I_c})^2}] \dots\dots\dots \text{Ec. 02}$$

$$l = \frac{I_c \cdot \sqrt{A}}{1.128} * [1 - \sqrt{1 - (\frac{1.128}{I_c})^2}] \dots\dots\dots \text{Ec. 03}$$

Donde:

L: Tamaño del lado más largo (km)

l: Tamaño del lado más corto (km)

I_c : Índice de compacidad

A: Extensión de la cuenca (km^2).

c) Factor de forma (Ff)

“Horton lo definió como la relación entre el ancho promedio de una cuenca y la longitud de su cauce principal.” (Cahuana, et al, 2009, p. 20).

Cuanto mayor sea el factor de forma, más probable es que ocurran tormentas severas simultáneamente en toda la cuenca. Por el contrario, es menos probable que las cuencas con factores de forma más pequeños concentren la intensidad de la precipitación que las cuencas de la misma área y factor mayor. (Villón, 2002, p. 40).

$$F_f = \frac{A}{L_c^2} \dots\dots\dots \text{Ec. 04}$$

Donde:

F_f : Factor de forma

A: Área de la cuenca, (Km²)

L_c : Longitud de la cuenca, que se define como la distancia entre la desembocadura y el punto más alejado de la cabecera del cauce principal, medida en línea recta.

d) Relación de elongación (Re)

“Es la relación entre el diámetro (D) de un círculo con la misma extensión y la longitud (L_c) de la cuenca.” (Cahuana, et al, 2009, p. 21).

Expresando el diámetro en función del área de la cuenca y representa la siguiente ecuación:

$$R_e = \frac{D}{L_c} = 1.1284 * \frac{\sqrt{A}}{L_c} \dots\dots\dots \text{Ec. 05}$$

Donde:

D: Diámetro del círculo

Re: Relación de elongación

A: Extensión de la cuenca (km²)

L_c : Lonitud en línea recta, aforo-cima (km)

Este parámetro obedece a las siguientes reglas:

Para $Re \approx 1$, Presenta gran diversidad de clima, y para $0.6 \leq Re \leq 0.8$, la cuenca está asociada a intensas ondulaciones.

1.5.2. Parámetros de relieve

a) Pendiente de la cuenca

“Existen varios criterios para evaluar la pendiente de una cuenca, entre los que podemos mencionar el criterio de Alvord, el criterio de Horton, el criterio de Nash y el criterio rectangular equivalente.” (Villón, 2002, p. 50).

- **Criterio del rectángulo equivalente**

Involucra el desnivel de la cuenca con la longitud del lado más largo del rectángulo equivalente.

$$S = \frac{H}{L} \dots\dots\dots \text{Ec. 06}$$

Donde:

S: Inclinación (%)

H: Diferencia de altura (km)

L: Lado más largo del rectángulo equivalente (km).

- **Clases de pendientes de una cuenca**

“La pendiente permite clasificar las ondulaciones del terreno según la siguiente tabla” (Cahuana, et al, 2009, p. 26).

Tabla 1.1. Clasificación de pendiente en las cuencas

Pendiente (%)	Tipo de terreno
2	Plano
5	Suave
10	Accidentado medio
15	Accidentado
25	Fuertemente accidentado
50	Escarpado
>50	Muy escarpado

Fuente: Cahuana 2009.

b) Curva hipsométrica

“Fijada en coordenadas cartesianas, es una curva que representa la relación entre la cota y la superficie de la cuenca que queda por encima de esa cota”, figura 1.1. (Villón, 2002, p. 34).

c) **Histograma de frecuencia de altitudes**

“Es la representación gráfica de la distribución porcentual del área ocupada por diferentes alturas”, figura 1.1. (Villón, 2002, p. 37).

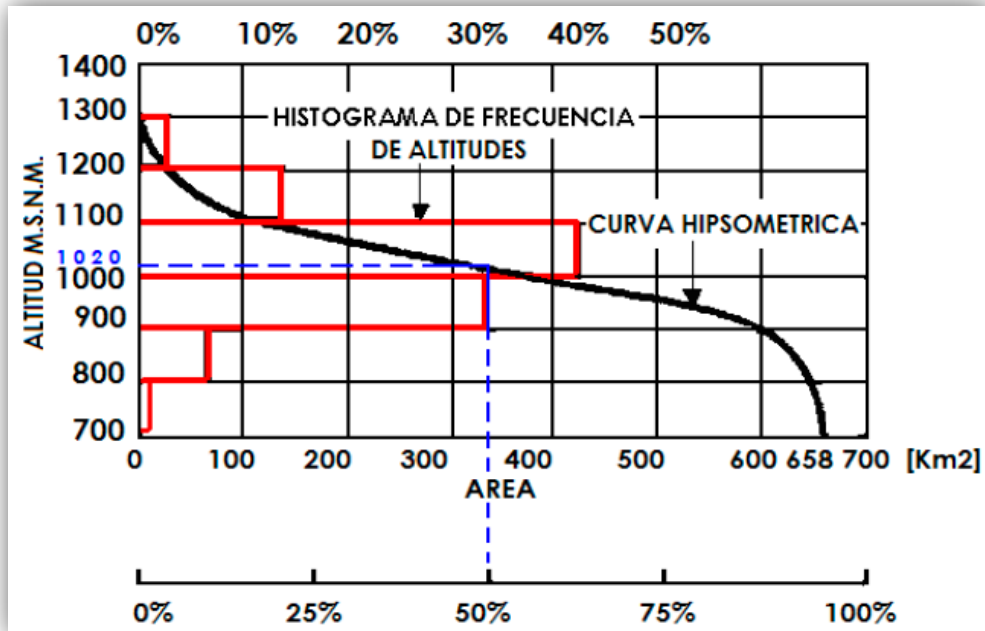


Figura 1.1. Curva hipsométrica y frecuencia de altitudes

Fuente Villón, 2002.

• **Altitudes Importantes**

- **La altura media (Hm)**, ordenada media de la curva hipsométrica, con el 50 % del área de la cuenca por encima de esta altura y el 50 % por debajo de esta altura.
- **La altitud más frecuente (Hf)**, valor máximo perteneciente al area de mayor porcentaje del histograma, figura 1.1.
- **La altura de frecuencia media (Hfm)**, Elevación media correspondiente a la media de la abscisa del histograma de frecuencia de altura.
- **La altura media simple (Hms)**, promedio de las elevaciones más alta y más baja de la cuenca.

$$H_{ms} = \frac{(h_f + h_o)}{2} \dots\dots\dots \text{Ec. 07}$$

Donde:

Hms: Altura promedio simple (m)

hf: Altura maxima de la cuenca (m)

h₀: Altura del punto de aforo (m)

- **Altitud media Ponderada (Hmp)**, para obtenerlo se aplicó las siguientes ecuaciones:

$$C_i = \frac{(C_i + C_{i-1})}{2} \dots\dots\dots \text{Ec. 08}$$

$$H_p = \frac{\sum_{i=1}^n C_i * a_i}{A} \dots\dots\dots \text{Ec. 09}$$

Donde:

- Hp: Altura promedio ponderada (m.s.n.m)
- Ci: Media aritmética de elevaciones que encierran la extensión parcial.(m)
- Ci: Nivel mas alto (m)
- Ci-1:Nivel mas bajo (m)
- a₁: Extensión parcial (km²)
- A: Extensión de la cuenca (km²).

1.5.3. Parámetros de la red hidrográfica

“Las redes de acueductos corresponden a canales naturales de drenaje, permanentes o temporales, de escorrentías superficiales, subcutáneas y subterráneas en cuencas.” (Cahuana, et al, 2009, p. 26).

a) Perfil longitudinal del curso del agua

Esto da una idea de la pendiente del cauce del río en diferentes tramos del curso y es un factor importante para ciertas tareas como control de agua, áreas de captación y posibles ubicaciones de plantas hidroeléctricas. (Villón, 2002, p. 54).

b) Pendiente del cauce principal (Sp)

“Un parámetro importante al estudiar el comportamiento de los recursos hídricos, como determinar las características óptimas de la utilización de la energía hidroeléctrica y resolver problemas de inundaciones” (Villón, 2002, p. 54).

- **Método de pendiente uniforme**

“Este método considera la pendiente del cauce, como la relación entre el desnivel que hay entre la diferencia de nivel entre los extremos del cauce y la proyección horizontal de su longitud” (Villón, 2002, p. 55).

$$S = \frac{H}{L} \dots\dots\dots \text{Ec. 10}$$

Donde:

S: Pendiente del cauce (%)

H: Diferencia de nivel entre los extremos del cauce, en (Km)

L: Longitud del cauce principal, en (Km).

• **Método de Taylor y Schwarz**

Normalmente, esperaríamos que las secciones tuvieran diferentes longitudes en la práctica. En ese caso, Taylor y Schwarz recomiendan usar la siguiente fórmula: (Villón, 2002, p. 56).

$$S = \left[\frac{\sum_{i=1}^n L_i}{\sum_{i=1}^n \sqrt{S_i}} \right]^2 \dots\dots\dots \text{Ec. 11}$$

Donde:

n: número de segmentos de igual longitud

S1, S2, S3,.....Sn: Inclinación de cada segmento, por $S = \frac{H}{L}$

S: Inclinación media del cauce (m/m) o (%)

Li: Magnitud del tramo i (m)

Si: Inclinación del tramo i (m/m).

c) **Componentes de la red de drenaje**

La red de drenaje de una cuenca se refiere al lugar de los caminos de flujo natural dentro de ella. Es importante al momento de examinar las cuencas hidrográficas porque indica la eficiencia del sistema de drenaje en la esorrentía resultante, es decir, la tasa a la que drena la cantidad de agua que recibe (Villón, 2002, p. 60).

Las características de una red de drenaje, pueden describirse principalmente de acuerdo con:

- **El orden de las corrientes:** Una clasificación que indica el grado de derivación dentro de una cuenca.
- **Longitud total de corrientes:** La longitud de un afluente indica la pendiente y el grado de drenaje de la cuenca.
- **Densidad de corrientes:** La relación entre el número de corrientes y el área drenada.

$$D_c = \frac{N_c}{A} \dots\dots\dots \text{Ec. 12}$$

Dónde:

Dc: Densidad de corriente

Nc: Número de corrientes perennes e intermitentes

A: Área total de la cuenca, en Km².

- **Densidad de drenaje:** La relación entre la longitud de corrientes perennes o intermitentes y el área de la cuenca.

$$D_d = \frac{L}{A} \dots\dots\dots \text{Ec. 13}$$

Donde:

Dd: Densidad de corriente

L: Magnitud total de corrientes (km)

A: Extensión de la cuenca (Km²).

1.5.4. Tiempo de concentración

La cantidad de tiempo que le toma a la cuenca contribuir efectivamente la aparición de escorrentía. Se define comúnmente como el tiempo que tardan las partículas de agua que han caído en el lugar más alejado del punto de aforo en llegar a esta misma (Cahuana, et al, 2009, p. 30).

Según Kirpich:

$$T_c = 0.06626 * \left(\frac{L_p^2}{S_p}\right)^{0.385} \dots\dots\dots \text{Ec. 14}$$

Según Temez:

$$T_c = 0.126 * \left(\frac{L_p}{S_p^{0.35}}\right)^{0.75} \dots\dots\dots \text{Ec. 15}$$

Según Pasini:

$$T_c = 0.023 * \left(\frac{A * L_p}{S_p}\right)^{0.5} \dots\dots\dots \text{Ec. 16}$$

Dónde:

Tc: Tiempo de concentración (hr)

Lp: Longitud del curso principal (Km)

Sp: Pendiente del curso principal

A: Área de la cuenca (Km²).

1.6. ESTUDIO HIDROLÓGICO

1.6.1. Precipitación

“Cualquier forma de humedad que baja de las nubes a la superficie de la tierra, y de acuerdo con esta definición, la precipitación puede ocurrir en forma de lluvia, granizo, gallua o nevada.” (Villón, 2002, p. 69).

1.6.2. Parámetros estadísticos de los datos de lluvia

“Los principales parámetros estadísticos que deben evaluarse a partir de la información de precipitación son: el promedio, desviación y variabilidad” (Vásquez, et al, 2016, p. 194).

a) El promedio se calcula usando la fórmula

$$X = \frac{\sum X_i}{n} \dots\dots\dots \text{Ec. 17}$$

Donde:

X: Promedio de las precipitaciones(mm)

Xi: Precipitacion (mm)

n: Numero de datos.

b) La desviación estándar se calcula como:

$$S = \sqrt{\frac{\sum(X_i - X)^2}{n-1}} \dots\dots\dots \text{Ec. 18}$$

Donde:

S: Desviación estándar

X: Media de la serie de lluvia (mm)

Xi: Lluvia diaria, mensual o anual de la muestra (mm)

n: Tamaño de la muestra.

c) Coeficiente de variabilidad se calcula con:

$$CV = \frac{S}{X} \dots\dots\dots \text{Ec. 19}$$

El CV es un parámetro muy utilizado para hacer comparaciones de la variabilidad de la lluvia mensual (o también lluvia total mensual) de la estación de análisis de la cual se determinan los valores de la media y desviación estándar respectiva.

1.6.3. Periodo de retorno

El período de retorno T se define como el intervalo de tiempo promedio en años durante los cuales un evento de magnitud 'x' puede ser alcanzado o superado en promedio al menos una vez. Entonces, si 'x' o más eventos ocurren una vez en T años, la probabilidad P de que ocurra en T años es 1. (Villón, 2005. p. 21).

$$T_r = \frac{1}{P_{(X \geq x)}} \dots \dots \dots \text{Ec. 20}$$

Donde:

P(X≥x): Probabilidad ≥ x

Tr: Periodo de retorno.

Tabla 1.2. Periodo de retorno de diseños recomendado para estructuras menores

Tipo de estructura	Periodo de retorno (años)
Puente sobre carretera importante	50 – 100
Puente sobre carretera menos importante o alcantarillas sobre carretera importante	25
Alcantarillas sobre caminos secundarios	5 – 10
Drenaje lateral de los pavimentos, donde puede tolerarse encharcamiento con lluvia de corta duración	1 – 2
Drenaje de aeropuertos	5
Drenaje urbano	2 – 10
Drenaje agrícola	5 – 10
Muros de encauzamiento	5 – 50*
Alcantarillas para carreteras	1.1 – 5

Nota: Villón, 2005.

1.6.4. Análisis estadístico de datos hidrológicos

a) Modelos de distribución

El análisis de frecuencia tiene como objetivo estimar la precipitación, la intensidad o el caudal máximo para diferentes periodos de retorno, según sea el caso, mediante la aplicación de modelos probabilísticos discretos o continuos. (MTC, 2012, p. 25).

La estadística posee diversas funciones de probabilidades teóricas, por ello se recomienda usar los siguientes:

- Distribución Normal
- Distribución Log Normal 2 Parámetros
- Distribución Log Pearson tipo III
- Distribución Gumbel
- Distribución Log Gumbel

- **Distribución Normal**

La función de densidad de probabilidad normal se define como:

$$f(x) = \frac{1}{S\sqrt{2\pi}} * e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{S}\right)^2} \dots\dots\dots \text{Ec. 21}$$

Para: $-\infty \leq x \leq +\infty$

Dónde:

f (x): es la función densidad normal de la variable x

X: es la variable independiente

μ : es el parámetro de localización, igual a la media aritmética de x

S: es el parámetro de escala, igual a la desviación estándar de x.

- **Distribución Log Normal 2 Parámetros**

La función de distribución de probabilidad es:

$$f_{(x \leq x_i)} = \frac{1}{S\sqrt{2\pi}} * \int_{-\infty}^{x_i} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-X}{S}\right)^2} \dots\dots\dots \text{Ec. 22}$$

Para: $x > 0$

Donde:

\bar{X} y S son los parámetros de distribución.

Si una variable x es sustituida por una función $y=f(x)$ tal que $y=\log(x)$, entonces la función se normaliza y se transforma en una ley de probabilidad llamada lognormal $N(Y,S_y)$. El valor de la variable x debe transformarse en $y = \log x$ de la siguiente forma:

$$Y = \sum_{i=1}^N \log \frac{x_i}{n} \dots\dots\dots \text{Ec. 23}$$

Donde Y es la media de los datos de la muestra transformada.

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - Y)^2}{n-1}} \dots\dots\dots \text{Ec. 24}$$

Donde S_y es la desviación estándar de los datos de la muestra transformada.

Asimismo; se tiene las siguientes relaciones:

$$C_s = \frac{a}{S^3} \quad y \quad a = \frac{n}{(n-1)(n-2)} * \sum_{i=1}^n (y_i - Y)^3 \dots\dots\dots \text{Ec. 25}$$

Donde:

C_s es el coeficiente de oblicuidad de los datos de la muestra transformada.

• **Distribución Log Pearson Tipo III**

La función de densidad es:

$$f(x) = \frac{(Ln x - x_0)^{y-1} * e^{-\frac{Ln x - x_0}{\beta}}}{x \beta^y \Gamma(y)} \dots\dots\dots \text{Ec. 26}$$

Para:

- $x_0 \leq x < \infty$
- $-\infty < x_0 < \infty$
- $0 < \beta < \infty$
- $0 < y < \infty$

Donde:

- x_0 : parámetro de posición
- y: parámetro de
- β : parámetro de escala.

• **Distribución Gumbel**

La distribución de valores Tipo I, conocida como distribución Gumbel o distribución exponencial doble, tiene la siguiente fórmula para su función de distribución de probabilidad:

$$F(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}} \dots\dots\dots \text{Ec. 27}$$

Utilizando el método de momentos, se obtienen las siguientes relaciones:

$$\alpha = \frac{1.2825}{\sigma} \dots\dots\dots \text{Ec. 28}$$

$$\beta = u - 0.45\sigma \dots\dots\dots \text{Ec. 29}$$

Dónde:

- α : Parámetro de concentración.
- β : Parámetro de localización.

Según Ven Te Chow, la distribución puede expresarse de la siguiente forma:

$$x = \bar{x} + k \bar{\sigma}_x \dots\dots\dots \text{Ec. 30}$$

Dónde:

- x: Valor con una probabilidad dada.
- \bar{x} : Media de la serie.
- k: Factor de frecuencia.

- **Distribución Log Gumbel**

La variable aleatoria reducida log Gumbel, se define como:

$$y = \frac{\ln x - \mu}{\alpha} \dots\dots\dots \text{Ec. 31}$$

Con lo cual, la función acumulada reducida log Gumbel es:

$$G(y) = e^{-e^{-y}} \dots\dots\dots \text{Ec. 32}$$

b) Pruebas de bondad de ajuste

“Una prueba de bondad de ajuste es una prueba de hipótesis que evalúa si un conjunto de datos es una muestra independiente de una distribución elegida.” (MTC, 2012, p. 30).

- **Método de momentos**

El método de los momentos fue desarrollado por Karl Pearson en 1902. El principio básico de estimación por este método es establecer, para cada función de distribución, la relación entre parámetros y momentos centrales de la siguiente manera:

$$\alpha = f_1(\mu_i, \mu_{i+1}, \dots); \quad \beta = f_2(\mu_j, \mu_{j+1}, \dots); \quad \gamma = f_3(\mu_k, \mu_{k+1}, \dots)$$

Donde:

α, β, γ : Parámetros de la función de distribución

μ_i, μ_j, μ_k : Momentos centrales de la población.

Los momentos se estiman como estimadores sesgados o no sesgados a partir de los momentos muestrales, por lo que el resultado es a, b, c , ó $\hat{a}, \hat{b}, \hat{c}$, como estimadores sesgados o no sesgados de los parámetros. (Villón, 2005, p. 148).

- **Método de máxima verosimilitud**

Fue desarrollado por R.A. Fisher (1922).

Dada la función densidad de probabilidad:

$$f(x; \alpha, \beta, \gamma, \dots)$$

Donde: α, β, γ : Parámetros de la función de distribución

Se define la función verosimilitud de la muestra, como el producto:

$$L = \prod_{i=1}^N f(x_i, \alpha, \beta, \gamma, \dots)$$

$$L = f(x_1, \alpha, \beta, \gamma, \dots) * f(x_2, \alpha, \beta, \gamma, \dots) * f(x_N, \alpha, \beta, \gamma, \dots)$$

Donde:

N es tamaño de la muestra

El método de máxima verosimilitud consiste en estimar $\alpha, \beta, \gamma, \dots$ de la muestra tal que L se maximice. Esto se obtiene diferenciando parcialmente L con respecto a cada parámetro y poniéndolo a cero. $f(x)$ no es negativo, por lo que el valor máximo de L suele ser positivo. El logaritmo natural $\ln L$ es una función unaria creciente de L, por lo que tiene un máximo exactamente donde L tiene un máximo. Entonces puede usar $\ln L$ en lugar de L. Entonces se ve así:

$$L = \prod_{i=1}^N f(x_i, a, b, c, \dots) \rightarrow \ln L = \sum_{i=1}^N \ln f(x_i, a, b, c, \dots)$$

Este artificio permite transformar una productoria a una sumatoria, donde:

a,b,c, son estimadores de $\alpha, \beta, \gamma, \dots$

Entonces el conjunto de ecuaciones de máxima verosimilitud es:

$\frac{\partial \ln L}{\partial a} = 0; \frac{\partial \ln L}{\partial b} = 0; \frac{\partial \ln L}{\partial c} = 0; \dots$ El mismo que tiene tantas ecuaciones como incógnitas.

Las propiedades de los estimadores calculados utilizando la máxima verosimilitud son:

- Generalmente imparcial
- Si se dispone de las eficiencias de los estimadores para los parámetros $\alpha, \beta, \gamma, \dots$, el método puede generarlas.
- El estimador es consistente porque al resolver la ecuación de verosimilitud se obtiene un estimador que converge al valor de la población a medida que el tamaño de la muestra se aproxima al infinito (Villón, 2005, p. 161).

La prueba de ajuste más recomendada es la prueba de Kolmogorov-Smirnov, que se describe a continuación.

• Prueba Kolmogorov – Smirnov

“El método utilizado para comprobar la bondad de ajuste de las distribuciones también permite seleccionar la distribución más representativa, es decir, la distribución que mejor se ajusta.” (MTC, 2012, p. 32).

Consiste en cotejar el absoluto máximo de la resta D de la función de distribución de probabilidad observada $F_0(x_m)$ y la $F(x_m)$ estimada.

$$D = \max | F_0(x_m) - F(x_m) | \dots\dots\dots \text{Ec. 33}$$

Usamos un valor d que depende de la cantidad de datos y del nivel de significancia elegido (Tabla 1.2). Si $D < d$, entonces es aceptable la hipótesis nula. Presenta ventajas sobre la prueba 2X en el sentido de que compara datos con modelos estadísticos sin necesidad de agrupación. La función de distribución de probabilidad observada se calcula como (Aparicio, 1992, p. 279).

$$F_0(xm) = \frac{1-m}{(n+1)} \dots\dots\dots \text{Ec. 34}$$

Donde:

m : Número de orden xm de mayor a menor y n el número de datos.

Tabla 1.3. Valores críticos de " d " para la prueba de Smirnov-Kolmogorov

Tamaño de la muestra	$\alpha=0.10$	$\alpha=0.05$	$\alpha=0.01$
5	0.51	0.56	0.67
10	0.37	0.41	0.49
15	0.30	0.34	0.40
20	0.26	0.29	0.35
25	0.24	0.26	0.32
30	0.22	0.24	0.29
35	0.20	0.22	0.27
40	0.19	0.21	0.25
N grande	$1.22/\sqrt{n}$	$1.36/\sqrt{n}$	$1.63/\sqrt{n}$

Fuente: Aparicio, 1992, tabla A.5

1.6.5. Determinación de tormenta de diseño

La tormenta de diseño suele ser la entrada al sistema y la descarga resultante se calcula utilizando la escorrentía de la tormenta y los métodos de transporte actuales. Una tormenta se puede definir mediante un gráfico de altura de diseño que proporciona la profundidad de precipitación en un punto o la distribución temporal de la precipitación durante la tormenta. (Chow et al. 1994, p. 455).

a) Relación Intensidad-Duración-Frecuencia

La intensidad es la precipitación en el tiempo, o la profundidad por unidad de tiempo (mm/h). Esta es la fuerza instantánea, o la fuerza promedio durante un período de lluvia. Generalmente se utiliza la intensidad media. Esto se puede expresar como: (Chow et al. 1994, p. 465).

$$i = \frac{P}{Td} \dots\dots\dots \text{Ec. 35}$$

Donde:

I: Intensidad máxima en mm./hora

P: Profundidad de lluvia (mm)

Td: Duración, dada usualmente en horas.

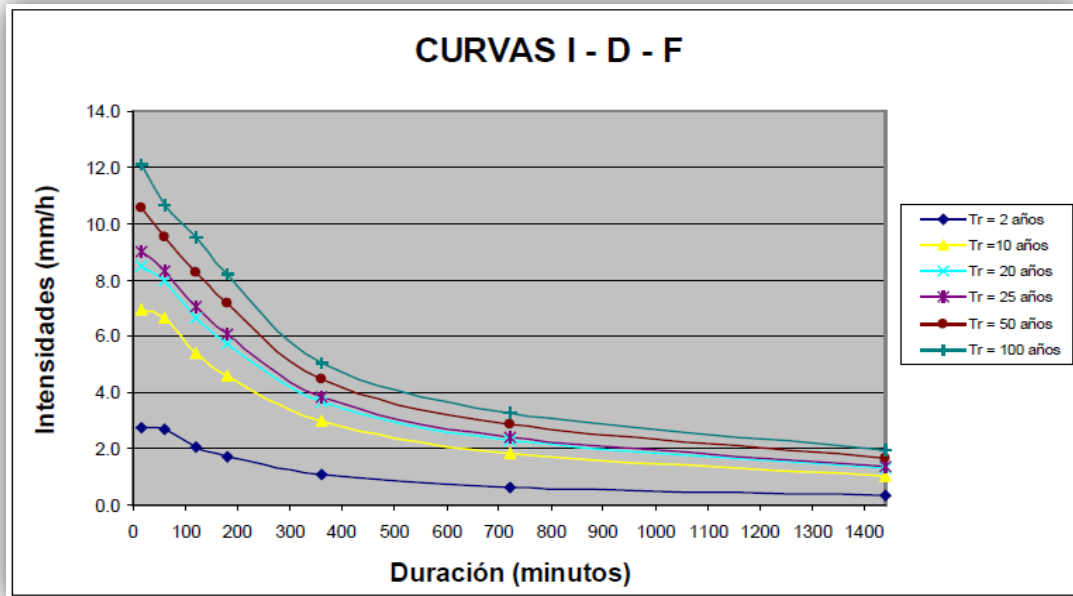


Figura 1.2. Curva intensidad – Duración – Frecuencia

Fuente: MTC 2012.

“Fórmula empírica utilizada en los Estados Unidos que relaciona la intensidad máxima con el período D y el período de retorno T” (Villón, 2002, p. 107).

$$i_{max} = \frac{KT^a}{D^b} \dots\dots\dots \text{Ec. 36}$$

Donde:

i_{max} : Intensidad máxima (mm/h)

T: Tiempo de retorno (años)

D: Duración (min)

a, b y K: Son coeficientes que cambian con la posición y el tiempo de retorno y se obtienen a partir de datos medios aplicando una correlación potencial múltiple. Dado que generalmente solo hay una precipitación máxima de 24 horas, multiplique la precipitación máxima de 24 horas por el factor de duración para estimar el valor de intensidad de precipitación máxima. La Tabla 1.4 muestra los factores de duración

desde 1 hora hasta 48 horas. Este es el mismo factor que se puede utilizar con precaución para calcular la intensidad cuando no se dispone de mejor información.

Tabla 1.4. Coeficientes de duración de lluvias entre 48 horas y una hora

Duración de la precipitación en horas	Coefficiente
1	0.25
2	0.31
3	0.38
4	0.44
5	0.50
6	0.56
8	0.64
10	0.73
12	0.79
14	0.83
16	0.87
18	0.90
20	0.93
22	0.97
24	1.00
48	1.32

Fuente: M.T.C. 2008

Si la tormenta dura menos de una hora, o si no hay registros de nubes de lluvia a partir de los cuales se pueda obtener la intensidad máxima, se puede calcular utilizando la metodología de Dick Peschke (MTC 2008) que relaciona la duración de la tormenta con la precipitación máxima en 24 horas. La fórmula es:

$$P_d = P_{max24h} * \left(\frac{d}{1440}\right)^{0.25} \dots\dots\dots \text{Ec. 37}$$

Donde:

Pd: Precipitación total (mm)

d: Duración (min)

Pmax24h: Precipitación máxima en 24 horas (mm).

b) Hietogramas de precipitación utilizando curvas IDF

Los métodos de diseño desarrollados recientemente que utilizan análisis de flujo no estacionario requieren una predicción confiable del hietograma de diseño para obtener el hidrograma de diseño. (Chow et al. 1994, p. 477).

- **Método del bloque alterno**

Este método es una forma rápida de crear un hietograma de diseño utilizando curvas de intensidad-duración-frecuencia. Un hietograma de diseño construido usando este método muestra la precipitación que ocurre en n intervalos de tiempo consecutivos de duración Δt sobre una duración total $T_d = n\Delta t$. Después de elegir el período de retorno de diseño, se lee la intensidad de la curva IDF para cada duración $\Delta t, 2\Delta t, 3\Delta t, \dots$ y se determina la precipitación correspondiente multiplicando la intensidad por la duración.

Al tomar la diferencia de valores consecutivos de precipitación, encontramos el número de precipitación a agregarse por unidad de tiempo adicional Δt . Estos aumentos o bloques se organizan temporalmente de manera que ocurren en el centro de la duración T_d donde se desea la máxima intensidad, y otros bloques se alternan a la izquierda ya la derecha del bloque central en orden descendente para formar el altograma del diseño.

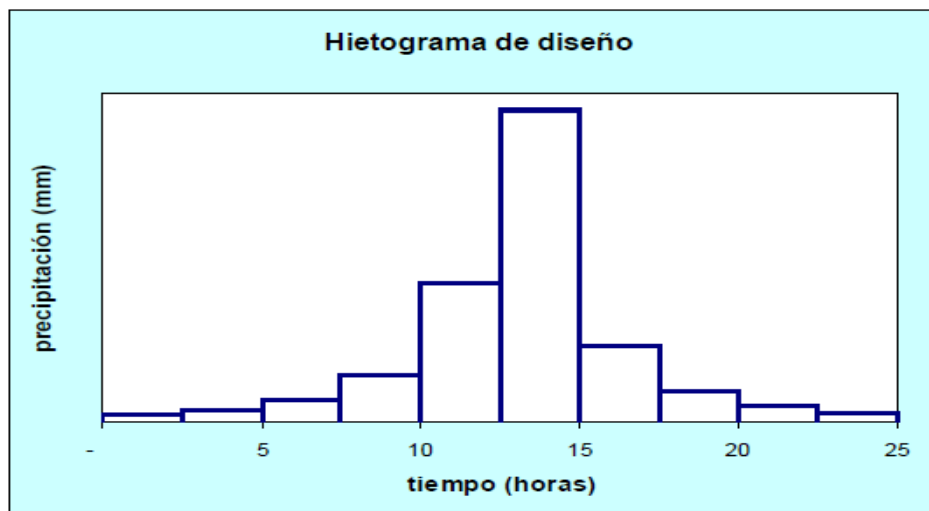


Figura 1.3. Ejemplo de hietograma de diseño

Fuente: M.T.C. 2008.

1.6.6. Cálculo del número de curva para la cuenca (CN)

Los números de las curvas fueron recopilados por el Servicio de Conservación del Suelo según el tipo de suelo y el uso de la tierra. Se han definido cuatro grupos de suelos: (Chow et al. 1994. p. 153).

Grupo A: Suelos arenosos profundos, suelos acumulados por vientos profundos, limo agregado. Grupo B: suelo somero depositado por el viento, franco arenoso. Grupo C: franco arcilloso, franco arenoso poco profundo, suelos con bajo contenido de materia

orgánica, suelos con alto contenido de arcilla. Grupo D: Suelos que se expanden mucho cuando están húmedos, arcillas muy plásticas y suelos con ciertas salinidades.

Los valores de CN para diferentes tipos de uso de la tierra para estos tipos de suelo se muestran en la Tabla 1.4. El CN compuesto se puede calcular para cuencas hidrográficas con diferentes tipos de suelo y usos de la tierra.

Tabla 1.5. Número de curva de escorrentía para usos selectos de tierra agrícola, suburbana y urbana

Descripción de uso de tierra	Grupo hidrológico de suelo			
	A	B	C	D
Tierra cultivada: sin tratamiento de conservación	72	81	88	91
con tratamiento de conservación	62	71	78	81
Pastizales: condiciones pobres	68	79	86	89
condiciones óptimas	39	61	74	80
Vegas de ríos: condiciones optimas	30	58	71	78
Bosques: troncos delgados, cubierta pobre, sin hierbas	45	66	77	83
cubierta buena	25	55	70	77
Áreas abiertas, césped, parques, campos de golf, cementerios, etc.:				
óptimas condiciones: cubierta de pasto 75% o más	39	61	74	80
condiciones aceptables: cubierta de pasto 50 – 75%	49	69	79	84
Áreas comerciales de negocios (85% impermeable)	89	92	94	95
Distritos industriales (72% impermeable)	81	88	91	93
Residencial:				
Tamaño promedio del lote Porcentaje promedio impermeable				
1/8 acre o menos	65	77	85	90
1/4 acre	38	61	75	83
1/3 acre	30	57	72	81
1/2 acre	25	54	70	80
1 acre	20	51	68	79
Parqueaderos pavimentados, techos, accesos, etc.	98	98	98	98
Calles y carreteras:				
Pavimentados con cunetas y alcantarillados	98	98	98	98
grava	76	85	89	91
tierra	72	82	87	89

Fuente: Chow, 1994. p. 154.

1.6.7. Estimación de caudales

En ausencia de datos volumétricos, la información de lluvia se utilizan como información de entrada para las cuencas hidrográficas, y el flujo Q se produce cuando la lluvia humedece cada vez más la cuenca hidrográfica, se infiltra parcialmente bajo tierra y, después de un tiempo, el flujo se convierte en flujo superficial. (MTC, 2012, p. 48).

Se muestra cómo calcular la avenida máxima:

- Método directo
- Métodos experimental (empíricos)
- Modelo hidrológico
- Medelo Hec - HMS

a) Método directo

Método hidráulico que lleva el nombre Sección-Pendiente que estima la descarga máxima después de una crecida de río en sustento a la información de campo. El trabajo de campo incluye, por ejemplo, la selección del tramo representativas del río, la medición de las secciones transversales en los extremos del tramo, la pendiente S y el coeficiente de rugosidad de Manning n. (Villón, 2002, p. 244).

Aplicando la fórmula de Manning:

$$Q = \frac{1}{n} * A * R^{\frac{2}{3}} * S^{1/2} \dots\dots\dots \text{Ec. 38}$$

Donde:

- Q: Caudal máximo, (m³/s)
- n: Coeficiente de rugosidad
- A: Sección hidráulica promedio, m²
- R: Radio hidráulico promedio (m)
- S: Pendiente (m/m).

b) Métodos empíricos

Hay muchos métodos empíricos, todos los cuales provienen del método racional. Poseen una alta difusividad, pero logran conducir a errores, porque el procedimiento de flujo es demasiado complicado para resumirse en fórmula, donde solo se pueden relacionar el área de cuenca y el coeficiente de escorentía (Villón, 2002, p. 250).

- **Método de Creager**

Desarrollado inicialmente por Creager, fue acomodado para el Perú por Wolfrang Trau y Raúl Gutiérrez. El uso de este método acepta estimar el caudal máximo diario sin información, para diversos tiempos de retorno, usando la extensión de la cuenca como el parámetro de más influencia en la ocurrencia del mayor caudal. (Naranjo, 2011. p. 16).

$$Q_{max} = (C_1 + C_2) * \text{Log}(T) * A^{m*A^{-n}} \dots\dots\dots \text{Ec. 39}$$

Donde:

Qmax: Caudal máximo durante el tiempo de retorno (m³/s)

C1, C2: Coeficiente adimensional, por región hidráulica

T: Tiempo de retorno (años)

A: Extensión de cuenca (km²)

m, n: Exponent adimensional, según region hidráulica.

Tabla 1.6. Coeficientes de la ecuación regional de descargas en el Perú

Región	C1	C2	m	n
1	1.01	4.37	1.02	0.04
2	0.10	1.28	1.02	0.04
3	0.27	1.48	1.02	0.04
4	0.09	0.36	1.24	0.04
5	0.11	0.26	1.24	0.04
6	0.18	0.31	1.24	0.04
7	0.22	0.37	1.24	0.04

Fuente: Naranjo, 2011

- **Método racional modificado**

Este es un método razonable según la formulación propuesta por Témez (1987, 1991) y adaptado a las condiciones climáticas de España. Asimismo, se pueden estimar fácilmente descargas máximas en cuencas naturales menores a 770 km² y tiempos de concentración (Tc) de 0.25 a 24 horas (MTC, 2008, p. 50).

La fórmula amplía el rango y tiene en cuenta los factores de uniformidad, los efectos de la heterogeneidad de las precipitaciones debido a la escorrentía.

La avenida máxima viene dada por la fórmula:

$$Q_{max} = 0,278 * C * I * A * K \dots\dots\dots \text{Ec. 40}$$

Donde:

- Qmax: Descarga máxima (m³/s)
- C: Coeficiente de escorrentía para el intervalo de I
- I: Intensidad de precipitación máxima horaria (mm/h)
- A: Área de la cuenca (Km²)
- K: Coeficiente de Uniformidad.

• **Método del número de curva**

El parámetro más importante para generar lluvia es la altura, la intensidad es secundaria. Su utilidad es la valoración de escurrimientos tanto en estudios de crecidas máximas como en cálculos de aporte líquido (Villón, 2002, p. 263).

Con base en el número de curva , se calcula la escorrentía para cada precipitación.

Se determina mediante la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{[N(P+50.8)-5080]^2}{N[N(P-203.2)+20320]} \dots\dots\dots \text{Ec. 41}$$

Donde:

- Q = Escorrentía (mm)
- P = Precipitación de la tormenta (mm).

$$Q_m = q * Q * A \dots\dots\dots \text{Ec. 42}$$

Donde:

- Q_m: Gasto máximo (m³/s)
- Q: Gasto unitario (m³/s/mm/km²)
- A: Área de la cuenca (km²).

c) **Método de hidrogramas**

“Un hidrograma es una representación gráfica de la variación temporal de un flujo a lo largo del tiempo en un lugar particular del flujo” (Cahuana, et al, 2009, p. 174).

• **Hidrogramas unitarios**

Un “hidrograma unitario” es un hidrograma de descarga directa inducido por unidades de precipitación disponible, de intensidad periódico en la duración efectiva (de), y

uniformemente distribuido a lo largo de la cuenca. Aplicar el hidrograma unitario (HU) a cuencas de tamaño pequeño a mediano ($< 5000 \text{ km}^2$) para conseguir el hidrograma real (HR) respecto a cada tormenta experimentada por la cuenca. (Ccahuana, 2009, p. 178).

• **Hidrograma unitario triangular**

Es utilizado por el SCS (Servicio de Conservación de Suelos). Además de su sencillez, genera los parámetros básicos del hidrograma: flujo máximo (Q_p), tiempo base (t_b) y momento en el que se origina el tiempo pico (t_p). El término Q_p para el flujo máximo se consigue igualando la cantidad de agua liberada en la sección del hidrograma.

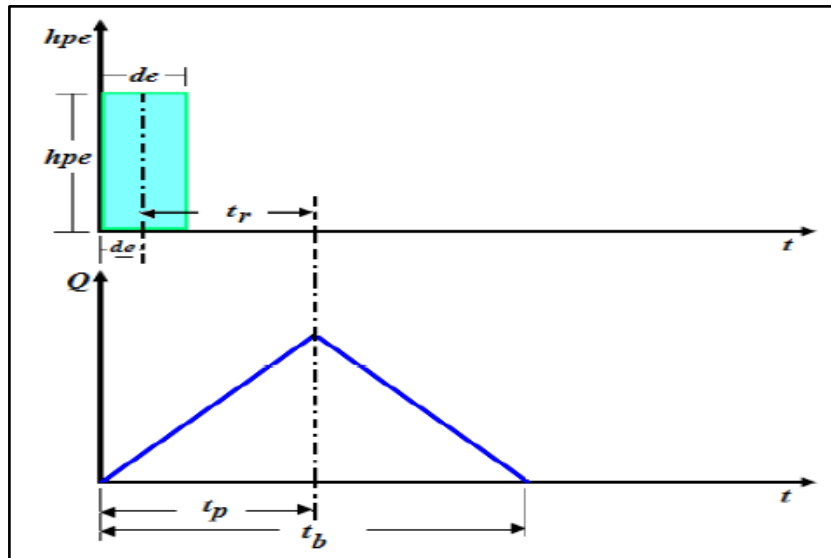


Figura 1.4. Hidrograma unitario triangular

Fuente: (Cahuana, et al, 2009).

Donde:

V_e : Cantidad de agua escurrido

h_{pe} : Precipitación efectiva

A : Extension de cuenca

t_b : tiempo base

Q_p : caudal pico.

La expresión de la caudal pico Q_p , se obtiene igualando el volumen de agua escurrido:

$$V_e = h_{pe} * A \dots \dots \dots \text{Ec. 43}$$

Con el área que se encuentra bajo el hidrograma de la figura 1.4:

$$V_e = \frac{1}{2} t_b * Q_p \dots \dots \dots \text{Ec. 44}$$

Igualando las ecuaciones 43 y 44 se tiene:

$$Q_p = 0.5555 * \frac{hp_e * A}{t_b} \dots\dots\dots \text{Ec. 45}$$

Donde:

- Qp: Caudal pico (m³/s).
- Hp: Altura de precipitación efectiva (mm)
- A: Área de la cuenca (km²)
- Tb: Tiempo base (hr)

Del análisis de varios hidrogramas, Mockus concluye que el tiempo base y el tiempo pico se relacionan mediante la expresión:

$$t_b = 2.67 * t_p \dots\dots\dots \text{Ec. 46}$$

De la figura 1.4, el tiempo pico se expresa como:

$$t_p = \frac{d_e}{2} + t_r \dots\dots\dots \text{Ec. 47}$$

Donde:

- t_b: Tiempo base (hr)
- t_p: Tiempo pico (hr)
- t_r : Tiempo de retraso (hr)
- d_e: Duración en exceso (hr).

El tiempo de retardo, se estima mediante el tiempo de concentración t_c, de la forma:

$$t_r = 0.6 * t_c \dots\dots\dots \text{Ec. 48}$$

Donde:

- t_r: tiempo de retraso (hr)
- t_c: tiempo de concentración (hr)

La duración en exceso con la que se tiene mayor gasto de pico, a falta de mejores datos, se puede calcular aproximadamente para cuencas grandes como:

$$d_e = 2\sqrt{t_c} \dots\dots\dots \text{Ec. 49}$$

O bien, para cuencas pequeñas, como:

$$d_e = t_c \dots\dots\dots \text{Ec. 50}$$

De las ecuaciones 53 y 54

$$Q_p = 0.208 * \frac{hp_e * A}{t_p} \dots \dots \dots \text{Ec. 51}$$

Además, sustituyendo la ecuación 57 y 56 en la ecuación 55 se tiene:

$$t_p = \sqrt{t_c} + 0.6t_c \dots \dots \dots \text{Ec. 52}$$

Las ecuaciones (46), (51) y (52) son usados obtener las características del hidrograma unitario.

d) Modelamiento Hidrológico con Hec-HMS

El Hec-HMS le permite imitar la respuesta de la cuenca de un río a la escorrentía superficial como resultado de la lluvia al representar la cuenca como un sistema interconectado de elementos hidrológicos e hidráulicos. (MTC, 2012, p. 58).

Para utilizar este programa necesitará la siguiente información:

- ~ Características de la precipitación, intensidad obtenida de la curva I-D-F (intensidad, duración, frecuencia).
- ~ Características de la cuenca (área, forma, longitud del cauce principal, pendiente promedio del terreno, cobertura vegetal, tipo de precipitación, etc.).

Al utilizar HEC-HMS, es necesario ensamblar los elementos que componen el sistema. Además del área (km²), se requiere tres datos:

- ~ Función de infiltración y los parámetros correspondientes.
Debe optarse de las siguientes opciones:
 - i. Servicio de Conservación de Suelos (SCS)
 - ii. Green y Ampt
 - iii. Inicial / Constante
 - iv. Inicial / déficit.
 - v. No hay pérdida
- ~ Función de hidrograma unitario y parámetros correspondientes. Se debe seleccionar una función de gráfico de unidades de la siguiente lista:
 - i. Clark.
 - ii. Snyder.

- iii. SCS.
 - iv. Clark modificado.
 - v. Definido por el usuario.
 - vi. Onda cinemática.
- ~ Función de recesión de las avenidas y los parámetros y variables correspondientes.
- i. Recesión.
 - ii. Flujo constante mensual.
 - iii. No hay flujo base.

En el caso de la función de infiltración, escogemos la del Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos, SCS. Se necesitan 3 tipos de datos: la pérdida inicial (en mm), el número de curva (CN) y el porcentaje de suelo impermeable en la cuenca. La pérdida inicial es la cantidad de lluvia en mm que se produce antes de ocasionar el flujo superficial. Por otro lado, el número de curva se define basándose en el tipo de suelo, cobertura vegetal, y prácticas de pastoreo. El porcentaje impermeable está dado por el área ocupada por lagunas y zonas rocosas que para propósitos prácticos puede considerarse impermeable.

En una cuenca pequeña es probable que no sea necesario unir varias subcuencas para obtener el caudal de salida, mientras que en cuencas mayores es necesario realizar el tránsito de avenidas.

Los métodos que se utilizan comúnmente son los siguientes:

- i. Muskingum
- ii. SCS
- iii. Muskingum – Cunge.
- iv. Onda Cinemática

Las variables de entrada del método de Muskingum son K y X, que se basan en mediciones de hidrogramas realizados en el cauce. K es una medida del tiempo de transporte de una onda de un punto a otro, expresándose en unidades de tiempo (horas) y X es una variable adimensional que fluctúa entre 0 y 0.3 y que tiene un valor típico de 0.2.

e) Tránsito hidrológico en ríos

El método de Muskingum es un método de tránsito hidrológico que se usa comúnmente para manejar relaciones caudal-almacenamiento variables. Este método modela el almacenamiento volumétrico de creciente en un canal de un río mediante la combinación del almacenamiento de cuña y prisma, como muestra la figura 1.8. Durante el avance de la onda de creciente, el caudal de entrada es mayor que el caudal de salida, siendo un almacenamiento de cuña. Durante la recesión, el caudal de salida es mayor que el caudal de entrada, resultando en una cuña negativa. Adicionalmente, existe un almacenamiento por prisma que está formado por un volumen de sección transversal constante a lo largo de la longitud del canal prismático. (Chow, 1994, p. 264).

Considerando que la sección transversal de la corriente de inundación es directamente proporcional al volumen de escorrentía de la sección transversal, el volumen de almacenamiento por prisma es igual a KQ , donde K es el factor de proporcionalidad y el volumen de almacenamiento por cuña es igual a $KX(I-Q)$. Aquí, X es un factor de ponderación dentro del rango de $0 \leq X \leq 0.5$. Por lo tanto, la memoria total es la sumatoria de dos componentes que se pueden reorganizar para dar la función de memoria del método de Muskingum.

$$S = K + K(I - Q) \dots\dots\dots \text{Ec. 53}$$

$$S = K[X + (1 - X)Q] \dots\dots\dots \text{Ec. 54}$$

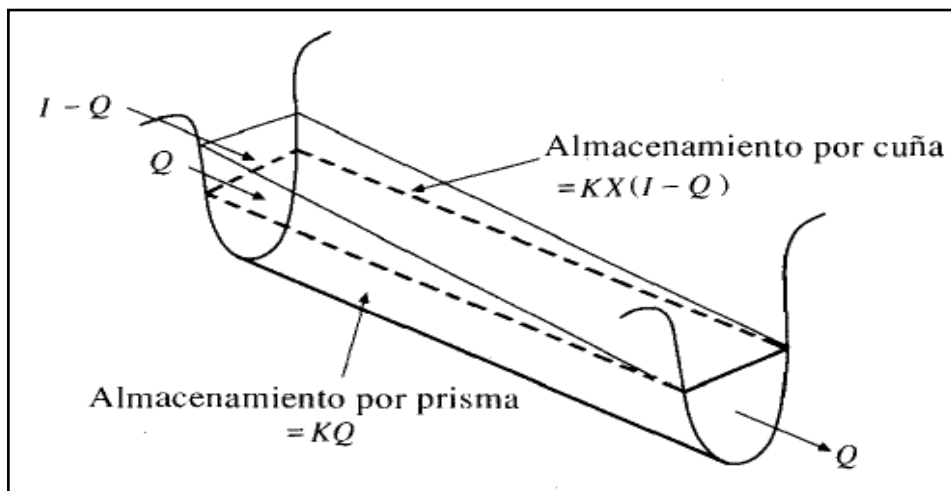


Figura 1.5. Almacenamiento por prisma y por cuña en un tramo de canal

Fuente: Chow, 1994.

1.7. ESTUDIO HIDRÁULICO

1.7.1. Estado del flujo

“Las condiciones de flujo o el comportamiento del flujo en canales abiertos están determinados esencialmente por efectos viscosos y gravitacionales relacionados con la inercia del flujo” (Chow, 1994. p. 7).

- **Flujo laminar**, es cuando las fuerzas viscosas son muy fuertes en comparación con las fuerzas de inercia. La viscosidad es muy importante en la determinación en la conducta del flujo.
- **Flujo turbulento** Turbulencia cuando las fuerzas viscosas son fragiles a comparación con las fuerzas de inercia. El agua se mueve en direcciones distintas que no son ni suaves ni rígidas, pero juntas representan el movimiento de todo el flujo.

Se mezclan las condiciones de flujo laminar y turbulento.

Los efectos de viscosidad e inercia se pueden expresar mediante el número de Reynolds definido por la siguiente ecuación:

$$R = \frac{V \cdot L}{\nu} \dots\dots\dots \text{Ec. 55}$$

Donde:

V: Velocidad del flujo (m/s)

L: Longitud (m)

ν : Viscosidad cinemática del agua (pies^2/s).

Lconsecuencia de la gravedad en las condiciones de flujo se describe mediante la interacción de las fuerzas de inercia y la gravedad. Esta interacción esta definida número de Froude.

Definido de la siguiente manera:

$$F = \frac{V}{\sqrt{g \cdot L}} \dots\dots\dots \text{Ec. 56}$$

Dónde:

V: Velocidad media del flujo (m/s)

g: Aceleración de la gravedad (m/s^2)

L: Longitud característica (m).

1.7.2. Régimen de flujo

En canales abiertos, los efectos combinados de viscosidad y gravedad crean uno de los cuatro estados de flujo:

- Flujo laminar subcrítico si F es < 1 y R se encuentra en régimen laminar.
- Flujo laminar supercrítico si F es > 1 y R se encuentra en régimen laminar.
- Turbulencia supercrítica cuando F es > 1 y R se encuentra en régimen turbulento.
- Turbulencia subcrítica si F es < 1 y R se encuentra en régimen de turbulencia.

1.7.3. Coeficiente de rugosidad de Manning

Los factores que tienen el mayor impacto en los coeficientes de rugosidad tanto para canales artificiales como naturales se discuten a continuación. Tenga en cuenta que estos coeficientes están relacionados hasta algún momento. Por ende, la disputa de un factor puede repetirse en relación con otro factor (Chow 1994, p. 99).

Tabla 1.7. Valores del coeficiente de rugosidad n

Descripción	Mínimo	Normal	Máximo
D. Corrientes naturales			
D-1. Corrientes menores (Ancho superficial en nivel creciente < 100 pies)			
a. Corrientes Naturales en Planicies			
1. Limpias, rectas, máximo nivel, sin montículos ni pozos profundos.	0.025	0.030	0.033
2. Igual al anterior, pero con más piedras y malezas	0.030	0.035	0.040
3. Limpio, serpenteante, algunos pozos y bancos de arena.	0.033	0.040	0.045
4. Igual al anterior, pero con algunos matorrales y piedras.	0.035	0.045	0.050
5. Igual al anterior, niveles bajos, pendientes y secciones más ineficientes.	0.040	0.048	0.055
6. Igual al 4, pero con más piedras.	0.045	0.050	0.060
7. Tramos lentos, con malezas y pozos profundos.	0.050	0.070	0.080
8. Tramos con muchas malezas, pozos profundos o canales de crecientes con muchos árboles con matorrales bajos.	0.075	0.100	0.150
b. Corrientes montañosos			
1. Fondo: gravas de cantos rodados y algunas rocas	0.030	0.040	0.050
2. Fondo: cantos rodados con rocas grandes	0.040	0.050	0.070
D-2. Planicies de inundación			
a. Pastizales, sin matorrales			
1. Pastos cortos	0.025	0.030	0.035
2. Pastos altos	0.030	0.035	0.050
b. Áreas cultivadas			
1. Sin cultivo	0.020	0.030	0.040
2. Cultivos en línea maduros	0.025	0.035	0.045
3. Campos de cultivo maduros	0.030	0.040	0.050
c. Matorrales			
1. Matorrales dispersos, mucha maleza	0.035	0.050	0.070
2. Pocos matorrales y árboles, en invierno	0.035	0.050	0.060
3. Pocos matorrales y árboles, en verano	0.040	0.060	0.080
4. Matorrales medios a densos, en invierno	0.045	0.070	0.110
5. Matorrales medios a densos, en verano	0.070	0.100	0.160
d. Árboles			
1. Sauces densos, rectos y en verano	0.110	0.150	0.200
2. Terreno limpio, con troncos sin retoño	0.030	0.040	0.050
3. Igual al anterior, pero con una gran cantidad de retoño	0.050	0.060	0.080
4. Gran cantidad de árboles, algunos troncos caídos, con pocos crecimientos de matorrales, nivel de agua por debajo de las ramas.	0.080	0.100	0.120
5. Igual al anterior, pero con nivel de crecimiento por encima de las ramas.	0.100	0.120	0.160
D-3. Corrientes mayores (ancho superficial en nivel de creciente > 100 pies)			
a) Sección regular, sin cantos rodados ni matorrales	0.025	...	0.060
b) Sección irregular y rugosa	0.035	...	0.100

Fuente: Chow, 1994

1.7.4. Base teórica para la simulación con el programa HEC-RAS

Desarrollado en el Centro de Ingeniería Hidrológica (HEC), una división del Instituto de Recursos Hídricos (IWR) del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos, Hec-RAS es capaz de realizar operaciones unidimensionales constantes y cálculos hidráulicos de flujo inestable del río. El método utilizado para realizar cálculos de flujo unidimensionales en Hec-RAS. Las ecuaciones se presentan con explicaciones de varios términos. (Hec-RAS, 2010, p.2-1).

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. UBICACIÓN DEL PROYECTO

La cuenca estudiada está ubicada al noreste de la ciudad de Huanta y con zonas agrícolas y áreas urbanas organizado política y geográficamente de la siguiente manera:

2.1.1. Ubicación política

La ciudad de Huanta se encuentra ubicado en:

Departamento : Ayacucho

Provincia : Huanta

Distrito : Huanta

Sector : Accoscca

2.1.2. Ubicación geográfica

Huanta se ubica en las coordenadas UTM WGS-84 en la Zona 18 Sur, entre $12^{\circ}56'23.63''$ S y $74^{\circ}14'52.49''$ O del meridiano principal de Greenwich. Su extensión territorial se encuentra entre los 2420 m.s.n.m. Hasta 4560 m.s.n.m.

a) Distrito Huanta

Este : 581579.62 m

Norte : 8569391.58 m

Altitud : 2638.00 m.s.n.m.

b) Punto de Aforo

Este : 581103.00

Norte : 8568466.00

Altitud : 2538.00 m.s.n.m.

Las ubicaciones se presenta en las Figuras 2.1, 2.2.

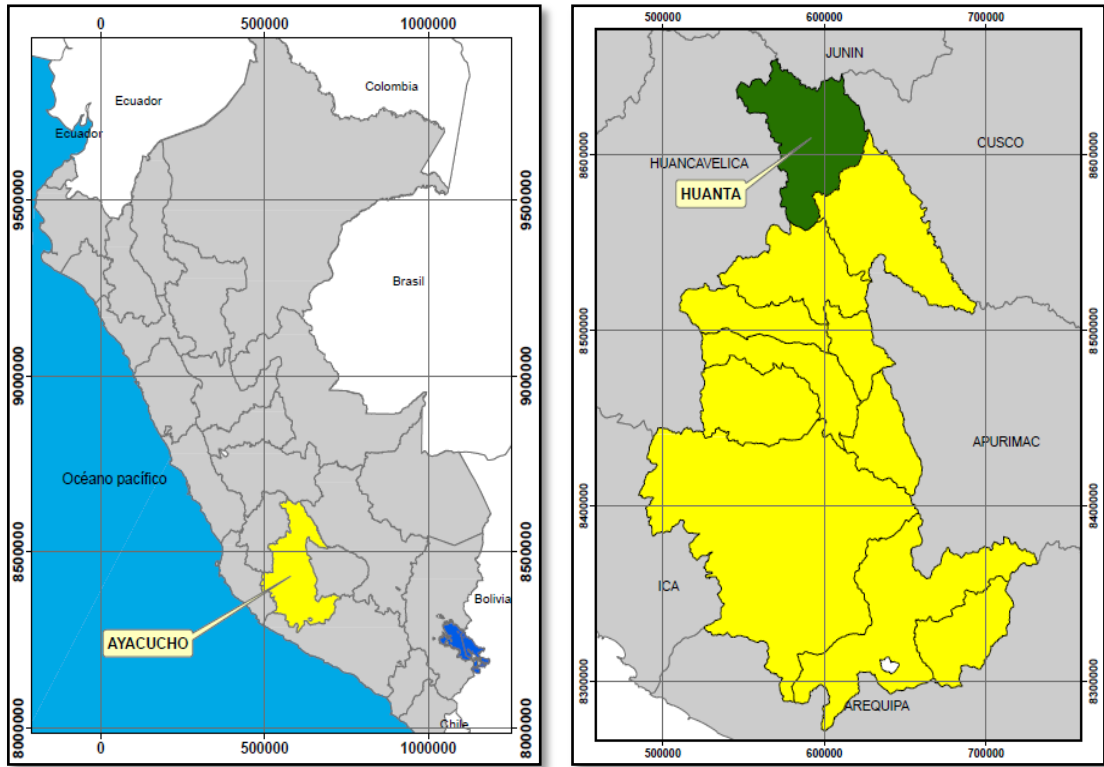


Figura 2.1. Ubicación departamental y provincial

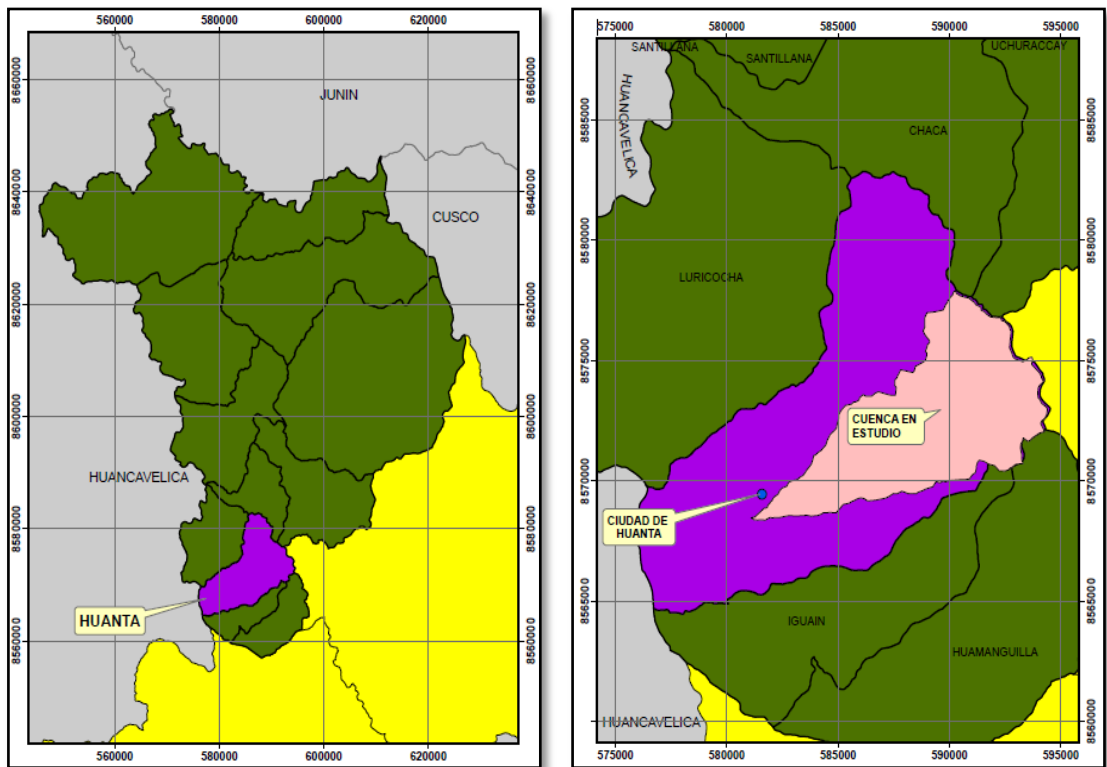


Figura 2.2. Ubicación distrital y la cuenca en estudio

2.1.3. Límites

La ciudad de Huanta, presenta los límites:

- **Al Norte**, Distritos de Luricocha, Chaca, Uchuraccay.
- **Al Sur**, distrito de Iguaín.
- **Al Este**, distrito de Tambo y Huamanguilla.
- **Al Oeste**, distrito de Chincho y Luricocha.

2.1.4. Vías de acceso

El distrito de Huanta está conectado por la carretera Huamanga-Huanta de 46,9 km a través de una carretera pavimentada desde Huamanga hasta la ciudad de Huanta, a la que se puede llegar en aproximadamente una hora.

Tabla 2.1. Ruta de acceso

Desde a	Tipo de vía	Medio transporte	Distancia	Tiempo de viaje
Huamanga-Huanta	Asfaltado	Combi	46.90 km	1 hora 7 minutos

2.2. MATERIALES Y EQUIPOS

2.2.1. Materiales y equipos de campo

- **Materiales**

- 03 unidades de prisma
- 01 Flexómetro de 8 metros
- 01 Wincha 50 metros
- 1 galón de Pintura

- **Equipos**

- 01 Estación Total LEICA TS-02
- 01 Navegador Garmin (GPS)
- 01 Cámara digital
- 03 Radios de comunicacion

2.2.2. Materiales y equipos de gabinete

- **Materiales**

- AP_24915_FBD_F6920_RT1.dem.tif

- **Equipos**

- 01 Ordenador Core i7
- 01 Material de almacenamiento de 8 GB

- **Software**

- ArcGIS 10.3
- Hec-GeoHMS, HEC-HMS 4.3
- AutoCAD Civil 3D 2018
- Google Earth
- Microsoft office 2016

2.3. METODOLOGÍA

La metodología a seguir en el presente trabajo se procedió en dos fases: fase de campo y fase de gabinete.

- La fase campo consistió en el reconocimiento de terreno, la ubicación y toma de dato del punto de aforo y el levantamiento topográfico.
- La fase de gabinete consistió en la recopilación de información relacionados a los parámetros de la cuenca, al estudio hidrológico y estudio hidráulico Hec-RAS, Software para ayudar a determinar áreas en riesgo de inundación. La metodología de investigación se detalla a continuación.

2.3.1. Determinar los parámetros geomorfológicos mediante el software ArcGIS de la cuenca del río Huanta, a un kilómetro aguas abajo del puente Huanta, sector Accoscca

Para lograr con el objetivo se realizó los siguientes procedimientos:

a) Fase de campo

Se realizó el reconocimiento en campo para ubicar el lugar de interés, localizado a 1 km aguas abajo del puente Huanta, sector Accoscca, utilizando el GPS.

b) Fase de Gabinete

Para la delimitación de la cuenca y obtener sus parámetros geomorfológicos se realizó con el software ArcGIS, los cuales se detallan los procedimientos:

1. Descargado y obtención del Modelo Digital de Elevación (DEM)

Para obtener el archivo Raster de Modelo digital de elevación DEM me suscribí en la página de *Search.ast.alaska.edu* (EARTHDATA), se localizó y se delimitó el área de interés bajo el formato de **Alos palar de 12.5 m**, clic en Search y busca todos los

archivos que pueden contener el área de interés, se buscó el **Bean Mode FBD** de setiembre 2010.

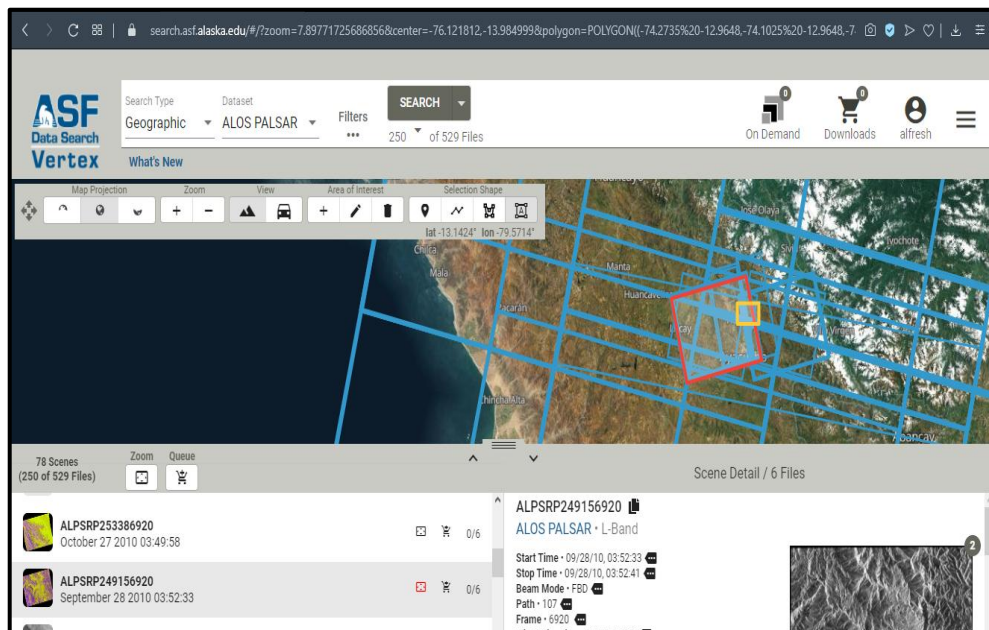


Figura 2.3. Descarga del DEM desde la página de <https://search.asf.alaska.edu>

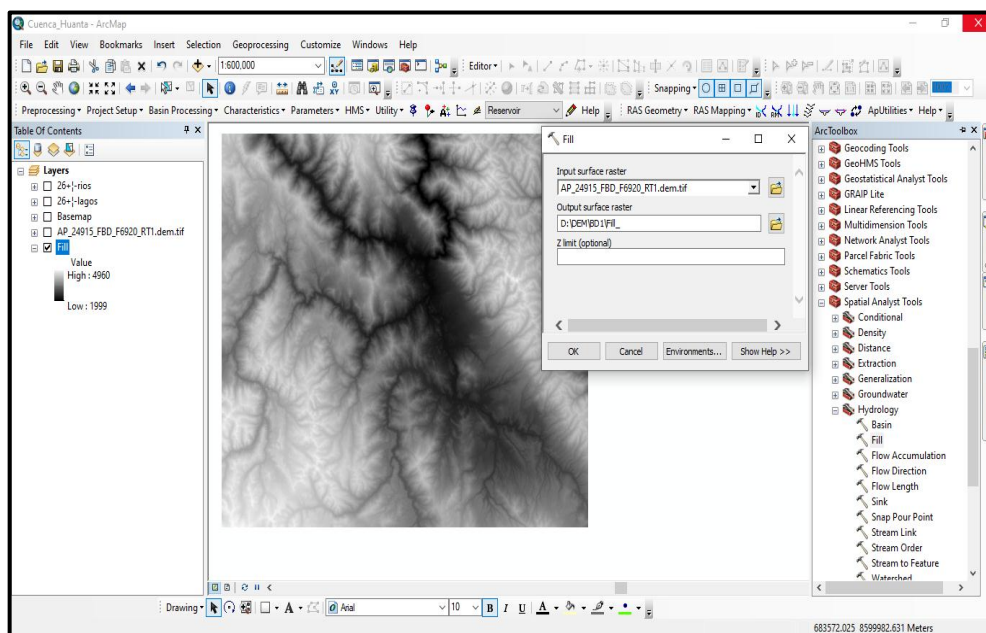


Figura 2.4. Generación del archivo Fill (relleno de desperfecciones en el DEM)

2. Delimitación de la cuenca hidrográfica Huanta

Los siguientes pasos se realizaron para la demarcación y determinación de los parámetros geomorfológicos tales como área, perímetro, longitud del curso, pendiente y elevación.

- a. Al trabajar con el ArcGIS se creó una carpeta de trabajo para su guardado, se importó el archivo DEM para luego rellenar las desperfecciones que pudieran existir en la geometría, acudiendo la herramienta *Arc Toolbox – Spatial Analyst tools – Hydrology – Fill* (Figura 2.4).
- b. Mediante el archivo fill se obtiene el archivo de la dirección de flujo, que muestra la dirección del flujo. *Arc Toolbox – Spatial Analyst tools – Hydrology – Flow Direction* (Figura 2.5).
- c. Mediante el archivo FlowDir se obtiene el archivo de FlowAcc (flujo acumulado), que permite identificar la red hídrica de la cuenca a través de la herramienta, *Arc Toolbox – Spatial Analyst tools – Hydrology – Flow Accumulation* (Figura 2.6).

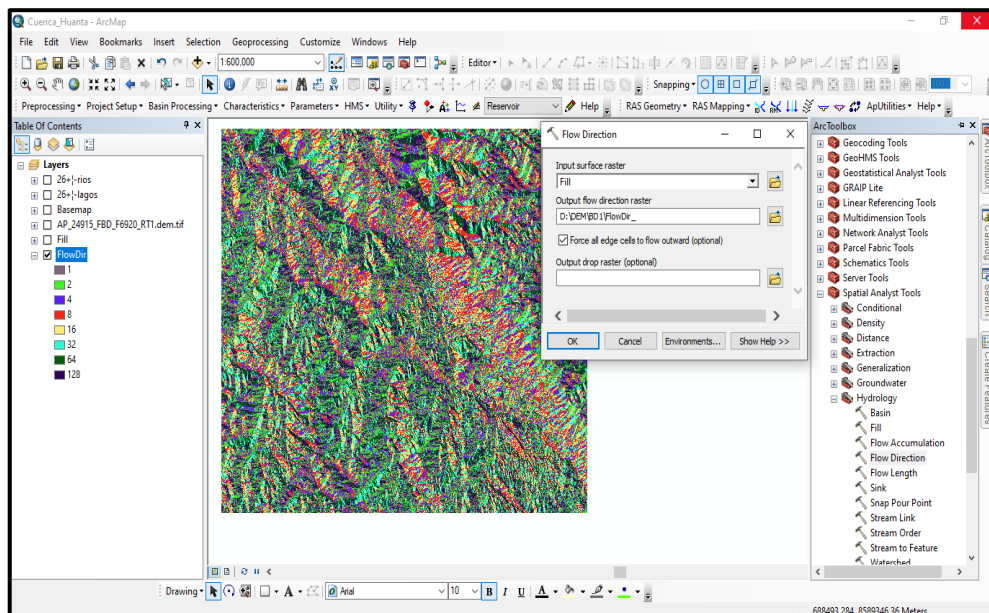


Figura 2.5. Generación del archivo FlowDir (dirección de flujo)

- d. Se importó el punto de aforo ubicado anteriormente en el Google Earth, se generó un archivo shapefile tipo punto sobre la red hídrica del flujo acumulado, se genera el archivo *SnapPou* desde *Arc Toolbox – Spatial Analyst tools – Hydrology – Snap Pou Point*. Y mediante este último se genera la cuenca en formato raster denominado *Watersh* desde *Arc Toolbox – Spatial Analyst tools – Hydrology – Watershed*, se convirtió este último en formato Shapefile a través de la herramienta *Arc Toolbox – Conversion Tools – From Raster – Raster to Polygon* (Figura 2.7).
- e. Con el archivo Shapefile de la cuenca se extrajeron los archivos de Cuenca_fill, Cuenca_fd y Cuenca_fa a través de la herramienta *Arc Toolbox – Spatial Analyst tools – Extraction – Extract by Mask* que son archivos solamente para la cuenca.

f. De los archivos generados anteriormente, se determinaron parámetros de la cuenca, como área, perímetro, alturas máximas y mínimas, orden de red de agua, Las areas arciales, mapa de pendiente y otros. Mientras tanto, otros parámetros como el coeficiente de gravelium, el rectángulo equivalente, el factor de forma y la relación de estiramiento se calcularon utilizando el programa Excel.

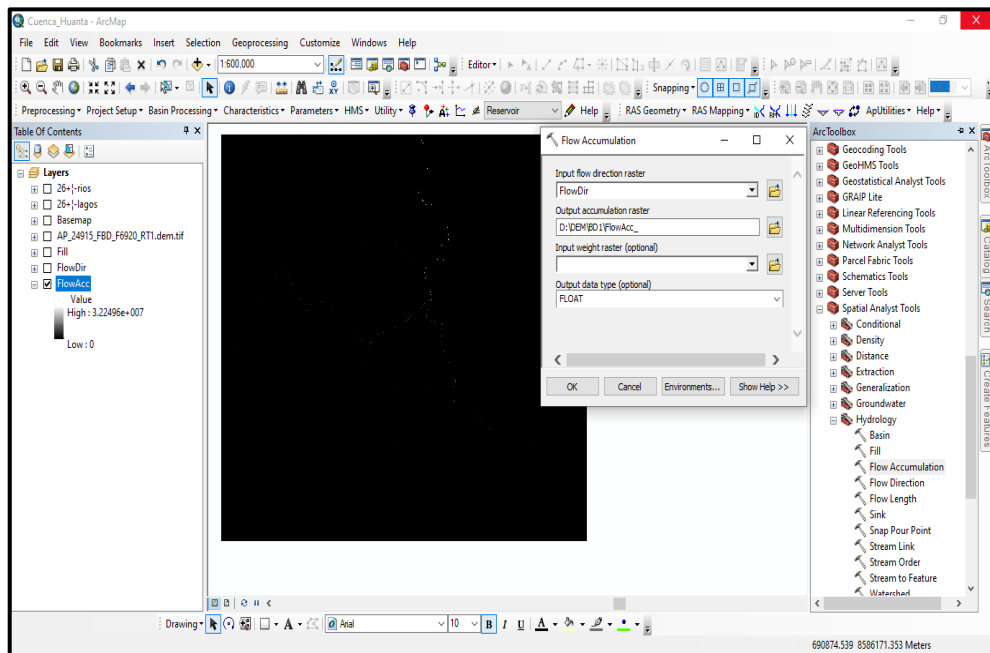


Figura 2.6. Generación del archivo FlowAcc (Acumulación de flujo)

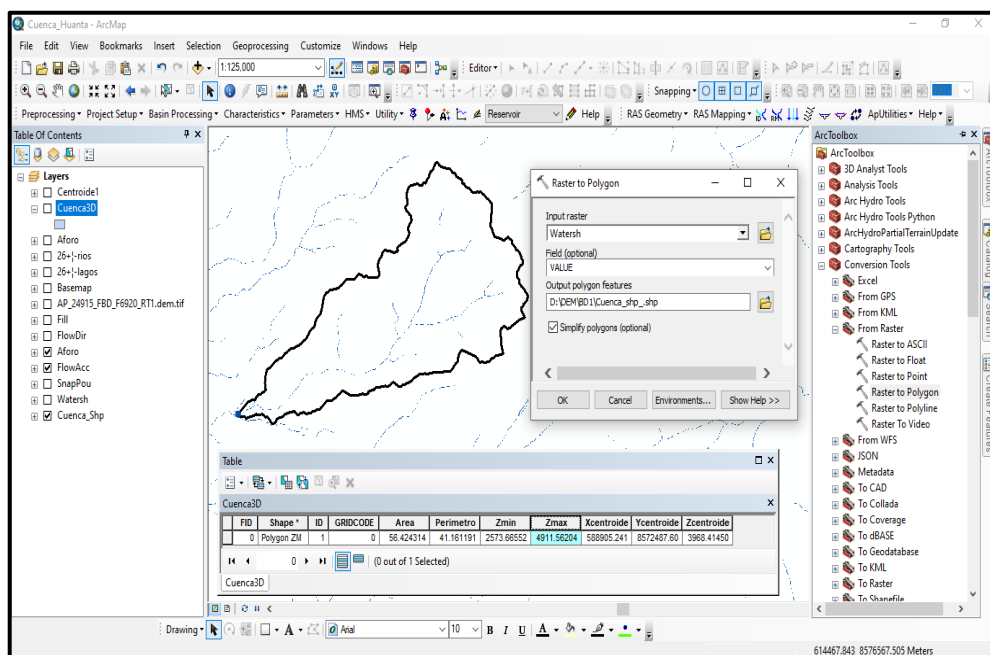


Figura 2.7. Obtención del Área, Perímetro y Centroide de la cuenca

3. Determinación de los parámetros de forma

a. Índice de compacidad (Ic)

Se calculó utilizando la Ec. 1 con el área y el perímetro de la cuenca.

Para la forma de la cuenca se consideró lo siguiente.

$1 \leq Ic \leq 1,25$ circular, $1,25 \leq Ic \leq 1,50$ ovalada, $1,50 \leq Ic \leq 1,75$ oblonga y $Ic > 2$ alargadas.

b. Rectángulo equivalente

Se utilizó la Ec. 2 para calcular el lado máximo y la Ecuación 3 para calcular el lado mínimo.

c. Factor de forma (Ff)

Se calcula utilizando la Ec. 4 y ayuda a distinguir la intensidad de la precipitación que llega sobre una cuenca, mayor sea el coeficiente, mayor será la intensidad, lo que también afecta directamente la escorrentía máxima.

d. Relación de elongación (Re)

Calculado usando la Ecuación 5. Esto depende del área y la longitud de la cuenca y se utiliza como regla determinante:

Para $Re \approx 1$, la cuenca presenta una gran diversidad climática y geológica, mientras que para $0.6 \leq Re \leq 0.8$, la cuenca se asocia a un fuerte relieve y escarpado.

4. Determinación de los parámetros de relieve

a. Pendiente de la cuenca (S)

Se utilizó dos criterios, y la media se tomó como la pendiente de cuenca. El primer criterio utiliza la Ec. 6, que relaciona la diferencia de altura con el lado más largo del rectángulo equivalente.

El segundo criterio, se generó un archivo de pendientes (Slope) a partir del archivo Cuenca_Fill usando Arc Toolbox - Spatial Analyst Tools - Surface - Slope y se reclasificó en intervalos de igual porcentaje (10 intervalos) usando Arc Toolbox - Spatial Analyst Tools - Reclass - Reclassify, y Arc Toolbox - Spatial Analyst Tools - Zonal - Zonal Statistics as Table para consultar el resultado (Figura 2.8).

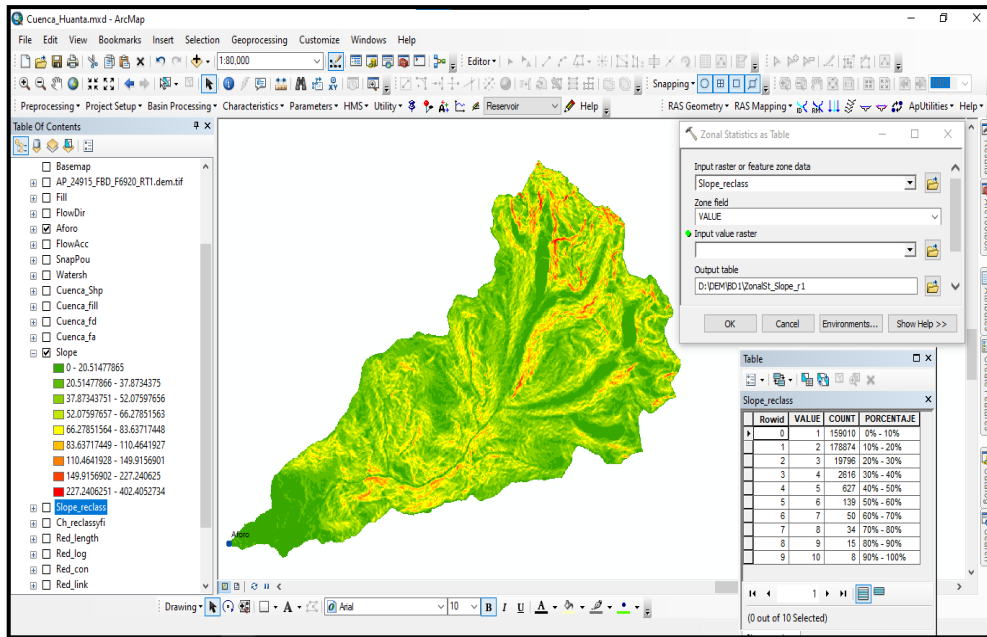


Figura 2.8. Generación de pendientes de la cuenca

b. Curva hipsométrica

Para crear la curva hipsométrica, el archivo Cuenca_Fill se dividió en 12 secciones igualmente espaciadas utilizando las herramientas ArcToolbox – Spatial Analyst Tools, Reclas y Reclassify, y se consultaron de Zonal Statistics at Table (Figura. 2.9). Estos datos se procesan en Excel y se grafican en coordenadas cartesianas, columnas para altura y área acumulada arriba y abajo. Ver Tabla 3.2 y Figura 3.1.

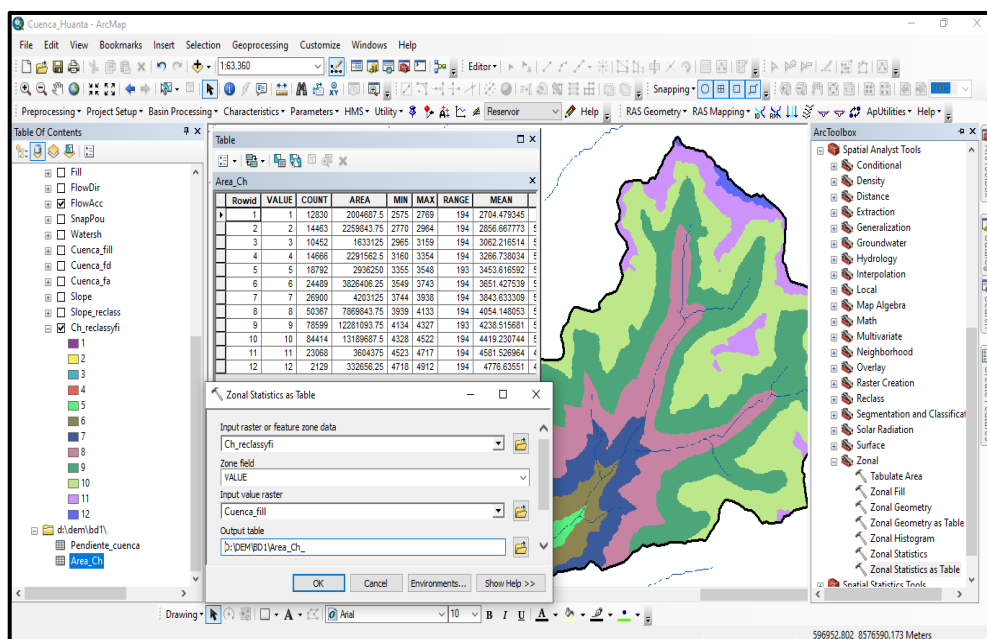


Figura 2.9. Generación de áreas parciales de la cuenca

c. Altitudes Importantes

Para determinar las altitudes fueron a través del Software ArcGIS y de la tabla 3.2.

- **Altitud media**, se tomó la altura del centroide de la cuenca desde la tabla de atributos de la cuenca shape generado, con el software ArcGIS.
- **Altitud más frecuente**, se obtuvo la altura al área parcial mayor a partir de la generación de la frecuencia de altitudes con los datos procesados en la tabla 2.1.
- **Altitud de frecuencia media**, se obtuvo mediante un pronóstico al 50% en la hoja Excel a partir del porcentaje de áreas acumuladas.
- **Altitud media simple**, se obtuvo mediante la Ec. 7 que es el promedio del desnivel de la elevacion más alta y la cota más baja.
- **Altitud media Ponderada**, para obtenerlo se aplicó las ecuaciones 8 y 9.

5. Determinación de los Parámetros de la red hidrográfica

a. Perfil longitudinal del río principal

Para definir la red hídrica de la cuenca se realizaron las siguientes procesos: a través de la herramienta Arc Toolbox - Spatial Analyst tools - Hydrology - Flow Length, Arc Toolbox - Spatial Analyst tools - Map Algebra - Raster Calculator, Arc Toolbox - Spatial Analyst tools - Hydrology - Stream Link, Arc Toolbox - Spatial Analyst tools - Hydrology - Stream Order y por último para obtener en formato Shapefile de la red hídrica Arc Toolbox - Spatial Analyst tools - Hydrology - Stream to Feature.

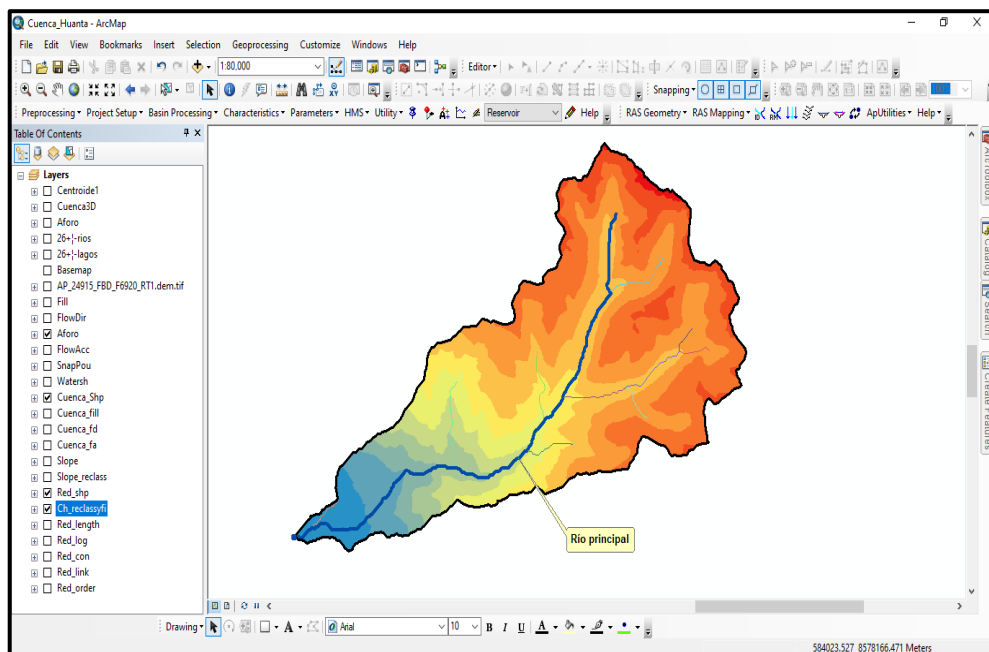


Figura 2.10. Río principal de la cuenca Huanta

La figura 2.10 demuestra que el río inicia alrededor de la sección 9 en la dirección del punto de drenaje. Para mostrar el perfil del río, ingresé la longitud en kilómetros en el eje horizontal en el programa Excel y la altura en kilómetros en el eje vertical. Ver tabla 3.3 y Figura 3.2.

b. Pendiente del río principal

Se usaron dos métodos de Taylor y Schwarz usando usando ecuaciones 10 y 11 y el método de de pendiente uniforme y se tomo la media aritmética. Ver Tabla 3.5.

c. Componentes de la red hídrica

- Orden de la red hídrica

Fue calculado mediante el Software ArcGIS a través de la herramienta *Arc Toolbox – Spatial Analyst tools – Hydrology – Stream Order* teniendo en cuenta el método de Horton, que define: Los cauces de primer orden son aquellos que no poseen tributarios, los cauces de segundo orden tienen afluentes de primer orden, los cauces de tercer orden tienen afluentes de segundo orden, pudiendo tener también afluentes de primer orden, un canal de orden n puede recibir tributarios de orden n-1 hasta 1, ver figura 2.11.

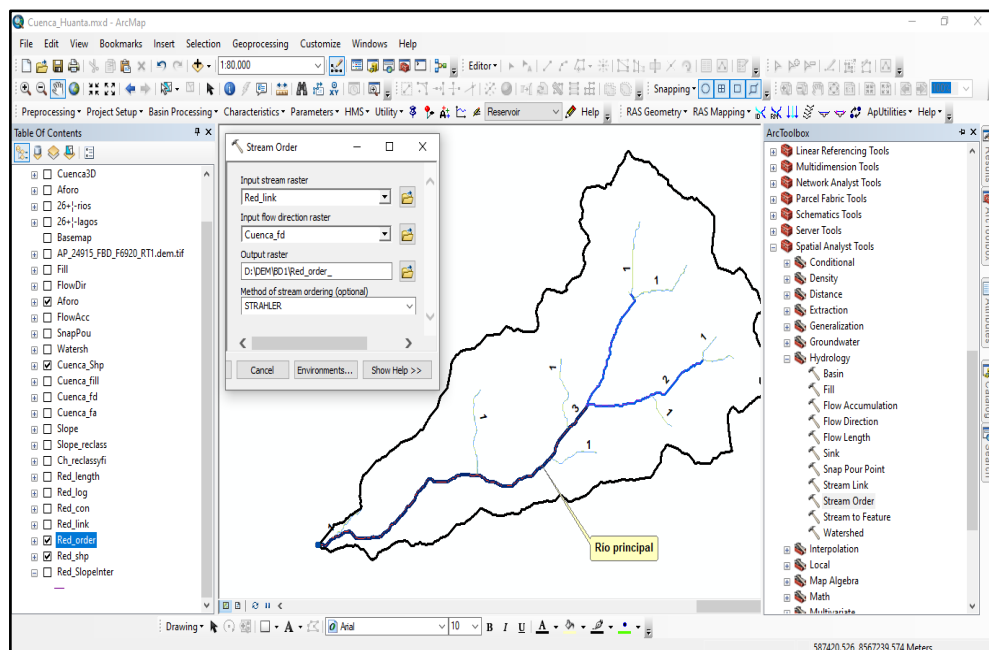


Figura 2.11. Orden de la red hídrica de la cuenca Huanta

- Longitud total de las corrientes

Se calculó a partir de la tabla de atributos de la red de drenaje, a través de la herramienta Arc Toolbox - Zonal Statistics as Table. Ver figura 2.12.

- Densidad de drenaje

Esto se calculó usando la Ecuación 13.

Para $D_c > 500 \text{ km/km}^2$, áreas de alta precipitación con litofacies fácilmente erosionables, pero para $D_c < 5 \text{ km/km}^2$, las áreas de precipitación son de bajo valor o la resistividad del material litológico es alta.

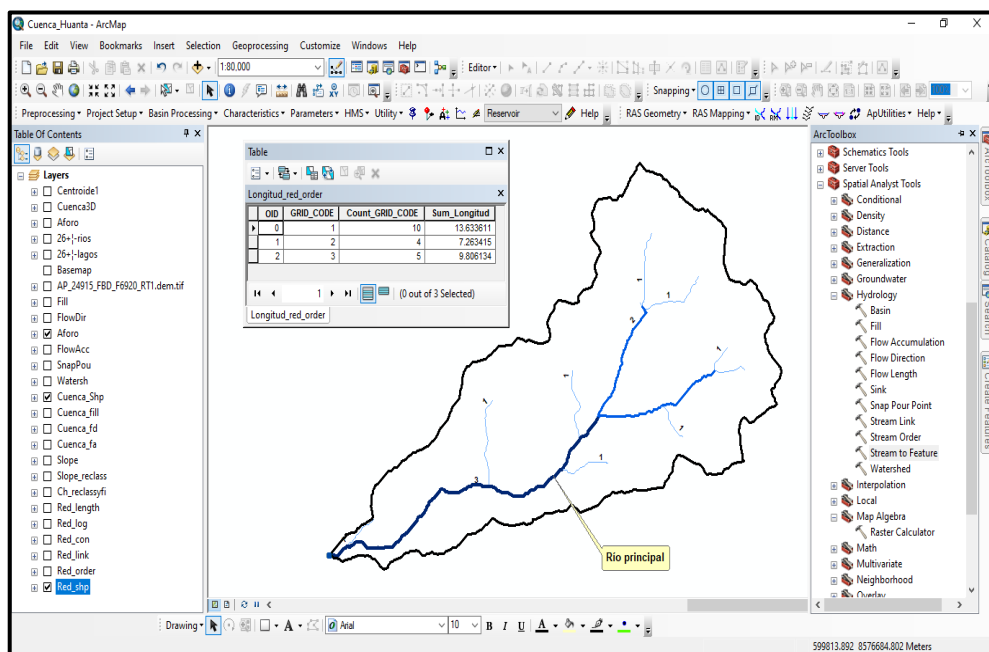


Figura 2.12. Longitud total de la red hídrica de la cuenca

d. Tiempo de concentración.

La media aritmética se obtuvo de las ecuaciones 14, 15 y 16 (Kirpich, Temez y Pasini). Esto se debe a que es el método utilizado en cuencas de 1 km^2 a 3000 km^2 , con tiempos de concentración de 15 minutos a 24 horas, en cuencas de muy diferentes tamaños.

2.3.2. Determinar los caudales máximos mediante el modelo HEC-HMS y otros métodos (directos, empíricos e hidrológicos) para tiempos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años, a un kilómetro aguas abajo del puente Huanta, sector Accoscca.

Para lograr con el objetivo 2 se realizaron los siguientes procedimientos en Gabinete:

a) Procedimientos primordiales

1. Determinación del número de curva

Para obtener el Número de Curva fue necesario tener 2 datos, primero la cobertura vegetal que se generó creando capas Shapefile de acuerdo a las condiciones de la superficie según la tabla 2.2 (generado por la ANA en el año 2015 basándose en la tabla 1.5), y como segundo el grupo hidrológico de suelos que se descargó de la página de Geogpsperu Minam en formato Shapefile.

A partir del modelo digital de elevación (DEM) y el programa Hec-GeoHMS, se dividió la cuenca en 5 Subcuencas.

Tabla 2.2. Valores de Curva Numero (CN) según los grupos para nuestro modelo

DESCRIPCIÓN DEL USO DE LA TIERRA	GRUPO HIDROLÓGICO			
	A	B	C	D
Cuerpos de agua	100	100	100	100
Nevados	98	98	98	98
Centros poblados	77	85	90	92
Cultivos/Áreas intervenidas	62	71	78	81
Matorral arbustivo abierto	45	66	77	83
Pradera en zona de clima frío	68	79	86	89
Sabana de árboles leñosos	45	66	77	83
Sabana hidromórfica	25	55	70	77
Selva lluviosa tropical	25	55	70	77
Selva lluviosa tropical con bambúes	25	55	70	77
Selva temporal de hojas anchas	25	55	70	77
Selva hidrolítica	39	61	74	80
Desierto en zona de clima árido	72	81	88	91

Fuente: Autoridad nacional del agua (ANA), 2015.

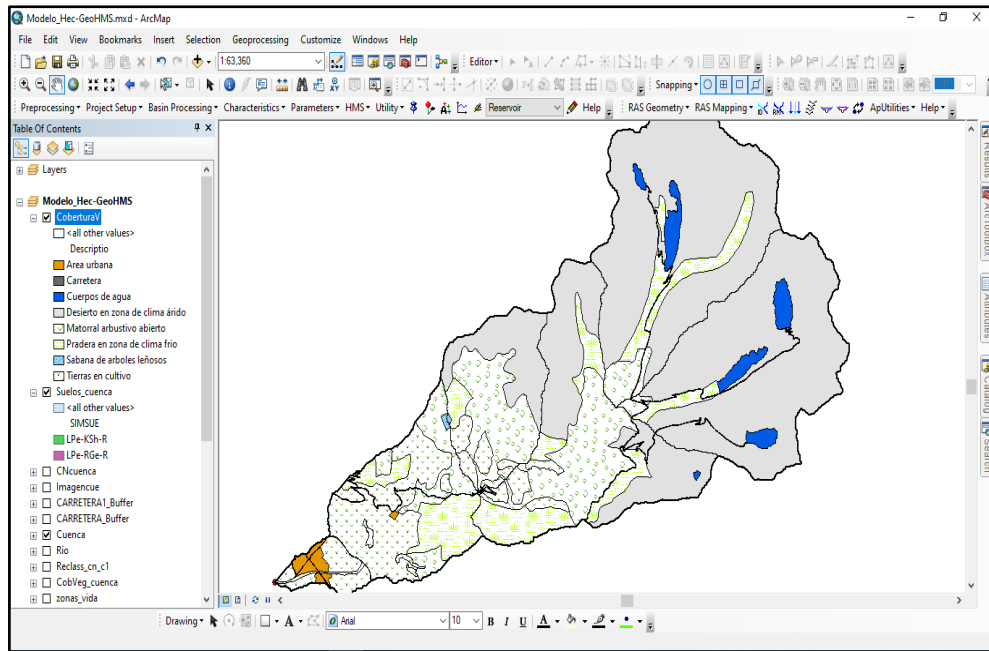


Figura 2.13. Cobertura vegetal generado para la cuenca

Una vez generados los grupos hidrológicos de cobertura vegetal y suelo, se seleccionó el CN perteneciente a cada cobertura vegetal de acuerdo a los grupos hidrológicos, y se calculó el CN ponderado para las subcuencas y además para la cuenca principal. Ver Tabla 3.7.

2. Selección de la precipitación máxima de 24 horas

Una vez obtenidos los datos de precipitación de hasta 24 horas de las estaciones de Huanta y Quinoa facilitados por el Servicio Meteorológico e Hidrológico (SENAMHI), se seleccionaron los valores máximos de cada año para obtener la precipitación máxima. Consulte la Tabla 3.8. Se evalúa utilizando las Ecuaciones 17, 18 y 19 de acuerdo con los parámetros estadísticos como la media, la desviación estándar y el coeficiente de variación. Estos datos se utilizan para analizar eventos extremos y realizar una serie de detecciones de datos sospechosos.

3. Análisis de datos dudosos

Se realizó el análisis de los datos dudosos (atípicos) mediante el método de OUTLIER que recomienda el Consejo de Recursos Hídricos de los Estados Unidos (Boletín 17B), a los 26 datos seleccionados entre los años 1992 a 2017, ver tabla 3.9.

4. Análisis estadístico de datos

Esto se observó con el programa Hidroesta 2 (Fig. 2.14). La distribución de mejor ajuste a la muestra datos de precipitación máxima de 24 horas; normal, lognormal de dos parámetros, Log Pearson Tipo III, Gumbel y Log Gumbel, y prueba de bondad de ajuste de Smirnov-Kolmogorov Ver Tabla 3.10.



Figura 2.14. Aplicación del software Hidroesta 2

5. Cálculo de la precipitación máxima de 24 horas para periodos de retorno

Una vez identificada la distribución óptima, la distribución log-Gumbel, se calculó la precipitación máxima en 24 horas para diferentes periodos de retorno. Ver Tabla 3.11.

6. Determinación de las curvas I-D-F

Con las precipitaciones máximas calculadas se procedió a calcular las intensidades de lluvia utilizando la ecuación 37, ver Anexo B, figura B.11.

7. Determinación de los Hietogramas.

Los hietogramas se calcularon a partir de las intensidades utilizando el método de bloques alternos. Ver Anexo B, Figura B.6.

b) Determinación de caudales máximos

1. Método directo

- **Aforo del río por sección y pendiente**

Ubicado un tramo uniforme del río cercano al punto de aforo y se realizó el tes de aforamiento mediante la sección-pendiente con la ecuación 38 que es la de Manning. Utilizando el programa Excel, Ver tabla 3.12.

2. Métodos empíricos

- **Método de envolvente de Creager**

Calculado en la Ecuación 39 a través del Excel que requiere datos como el área de la cuenca y los coeficientes de la ecuación regional para el Perú. Ver Tabla 3.13.

- **Método Racional modificado**

Calculado con la ecuación 40, para ello se contó con los datos calculados anteriormente como el área de la cuenca, el tiempo de concentración, longitud del cauce principal, la pendiente del cauce, precipitaciones máximas para los tiempos de retorno y la curva número (CN) de la cuenca, ver la tabla 3.14.

- **Método de Curva número**

Para este método se utilizó las ecuaciones 41 y 42, para ello fueron necesarios los datos calculados anteriormente como el tiempo de concentración, el área de la cuenca y las intensidades máximas para 6 horas para los periodos de retorno, ver figura 3.15.

3. Método del hidrograma unitario

- **Método de Hidrograma Sintético Triangular del SCS**

Calculado con la ecuación 51, para ello fueron necesarios los datos calculados anteriormente como el tiempo de concentración, el área de la cuenca, las precipitaciones máximas para los periodos de retorno y la curva número (CN) de la cuenca, ver la tabla 3.16.

4. Simulación hidrológica con el Software Hec-HMS

Para usar del programa HEC-HMS se creó una carpeta de trabajo, importó las cinco subcuencas (SubC 1, SubC 2, SubC 3, SubC 4 y SubC 5) desde la extensión HEC-GeoHMS, y se procedió de la siguiente manera.

- **Modelo de cuenca**, Este modelo de cuenca requiere de parámetros como el área de las subcuencas. El método de pérdida de cuenca hidrográfica es utilizado por el método SCS basado en el número de curva (CN), el porcentaje de estanqueidad y el tiempo de retraso. Por otra parte, se utilizó el método del hidrograma unitario SCS para la transformación precipitación-escorrentía y el método de Muskingum para la propagación de rutas fluviales con variables de entrada K y X.
- **Modelo meteorológico**, la precipitación fue necesario para este modelo para un tiempo de retorno, y la precipitación se determinó utilizando las curvas IDF y por el Hietograma de las horas de lluvia efectiva total de 24 horas. Ver la Figura 2.15.

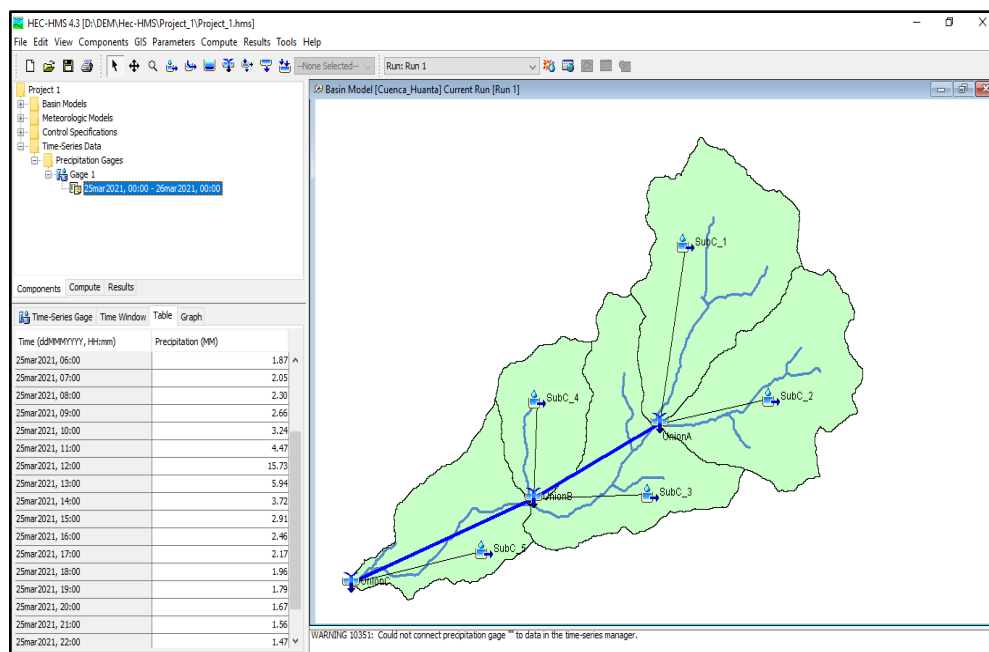


Figura 2.15. Datos de entrada de precipitación cada hora

- **Especificación de control**, en este modelo, el período de salida de lluvia se define a las 18:00, desde las 00:00 del primer día hasta las 12:00 del día siguiente cuando se ejecuta la simulación, con intervalos de 10 minutos.
- **Información en series temporales**, En este componente se ejecutó datos de entrada (hidrograma) para tiempo de retorno determinado en un intermedio de tiempo de 1 hora en un período total de 24 horas, como se muestra en la Figura 2.16.

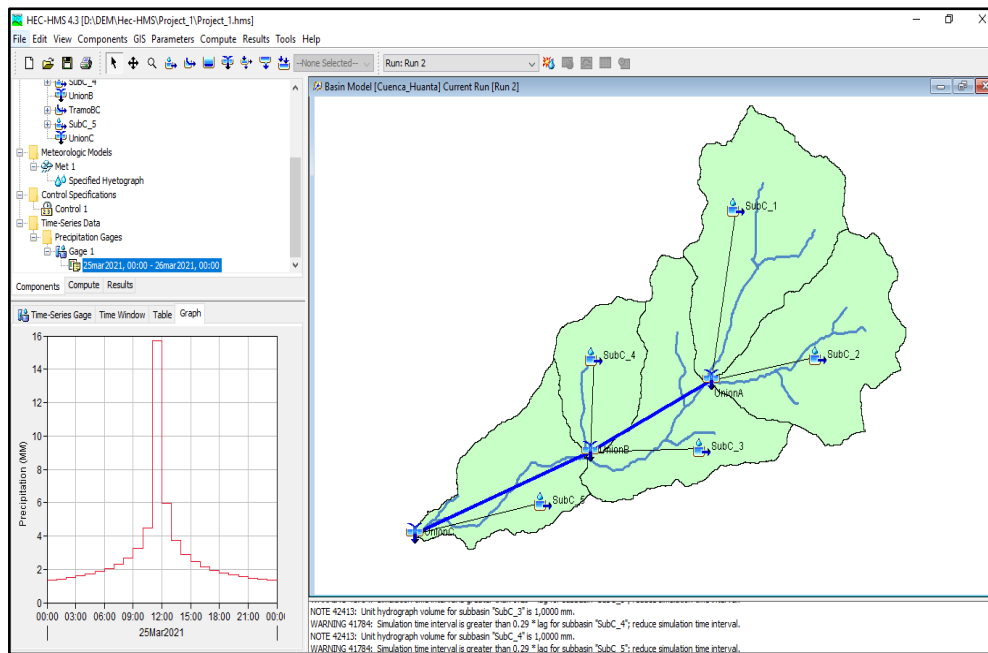


Figura 2.16. Histograma de precipitación de la cuenca Huanta

2.3.3. Identificar los tirantes y las áreas en riesgo a inundación mediante la implementación del modelo HEC-RAS para tiempos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años, de las riberas del río Huanta, a un kilómetro aguas abajo del puente Huanta, sector Accoscca

Para lograr con este objetivo se realizó los siguientes procedimientos:

a) Proceso de datos en los softwares Civil 3D, ArcGIS y Hec-RAS.

En esta etapa se hace uso de los datos del levantamiento topográfico y se realizó los siguientes pasos:

1. Cuando se abre el software Civil 3D, el sistema de coordenadas se configuró en WGS-84 Zona 18 Sur.
2. Se han importado los puntos obtenidos del levantamiento topográfico previamente ordenado en un archivo en formato de texto (bloc de notas).
3. La superficie se generó con curvas de nivel cada 0,5 metros y se anotó cada 2,5 metros. Ver figura 2.17.
4. Una vez generado las curvas de nivel, se procedió a realizar el modelo digital de elevación (DEM) del cauce del río, en el software ArcGIS como se muestra en la figura 2.18.
5. Para hacer el uso del Software Hec-RAS se creó una carpeta para guardar los archivos generados, se abre el software Hec-RAS y se crea un nuevo proyecto,

además de la configuración de unidades al sistema internacional, a través de la herramienta *File, new proyect*.

6. A través de la herramienta *RAS Mapper* se insertó el archivo de proyección de coordenadas y el DEM generado en el ArcGIS.
7. Seguidamente, se crea la geometría del DEM y en ello se trazó el eje del río (River), las orillas (Bank lines) y los Flow paths (línea probable de inundación) y las secciones transversales cada 25 m, ancho de 125 m cada lado, ver figura 2.19.

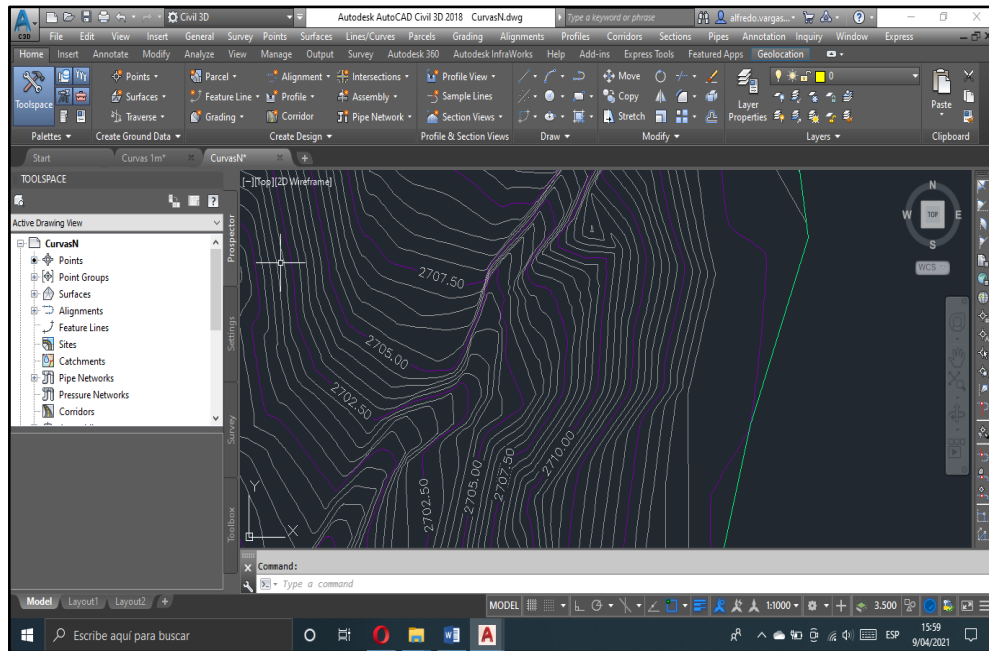


Figura 2.17. Curvas de nivel cada 0.5 m del río Accoscca

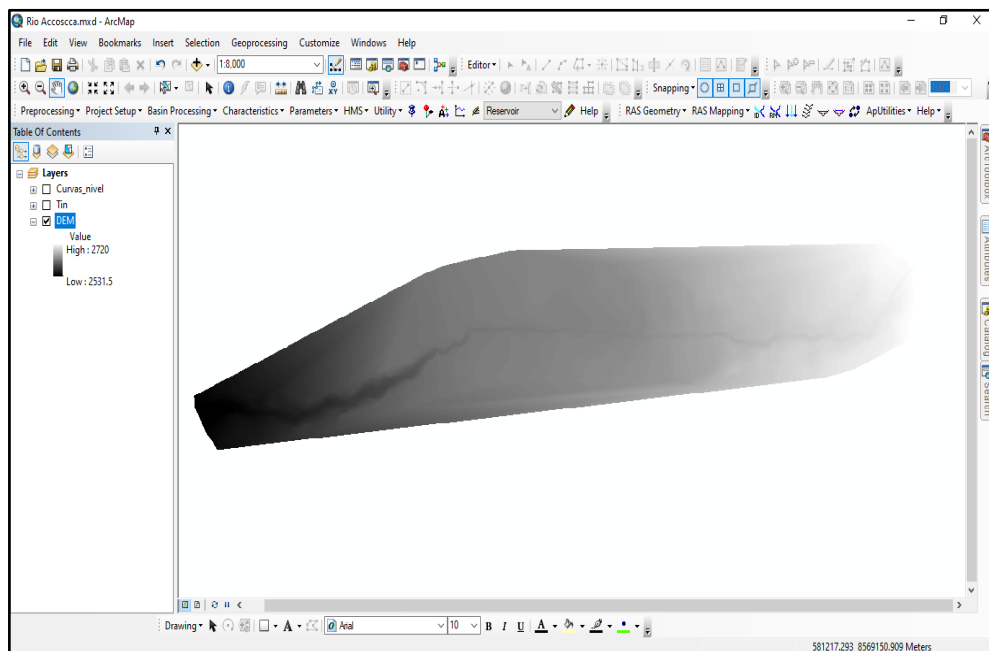


Figura 2.18. Modelo digital de terreno del río Accoscca

8. A través de la herramienta *Edit Geometric Data* y la herramienta *Tables, Manning* se insertó los valores de maninng seleccionado a través de la tabla 1.7 para las secciones generados ver figura 2.20.
9. A través de la herramienta *Edit, Steady Flow Data*, se insertó los 4 caudales de simulación obtenidos en el objetivo anterior para los tiempos de retorno 10, 25, 50 y 100 años, de la misma manera las condiciones de contorno aguas arriba y aguas abajo ver figura 2.21.

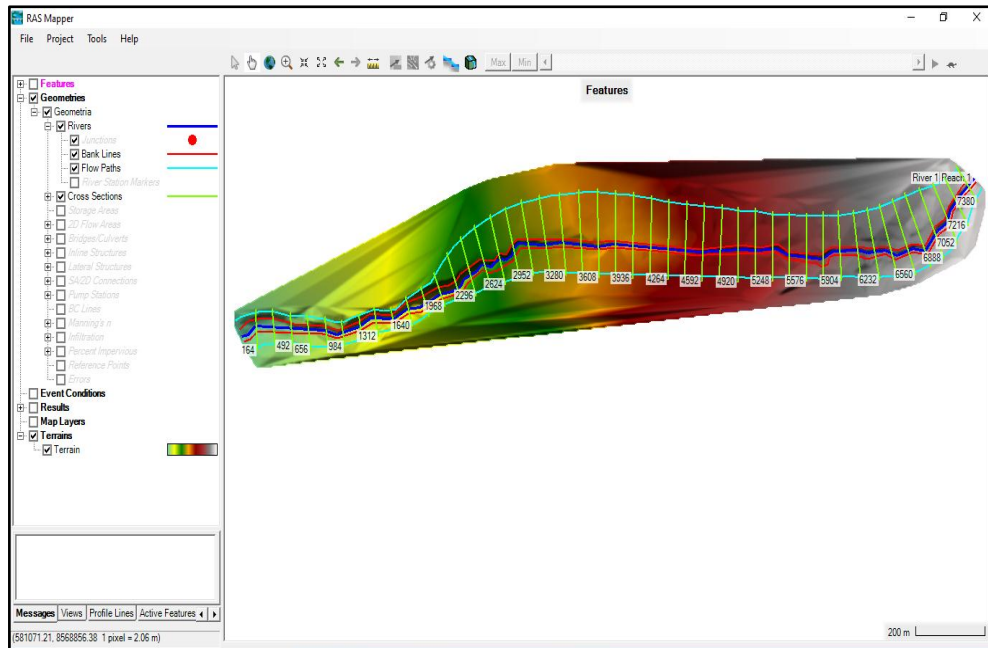


Figura 2.19. Secciones transversales para la modelación hidrológica

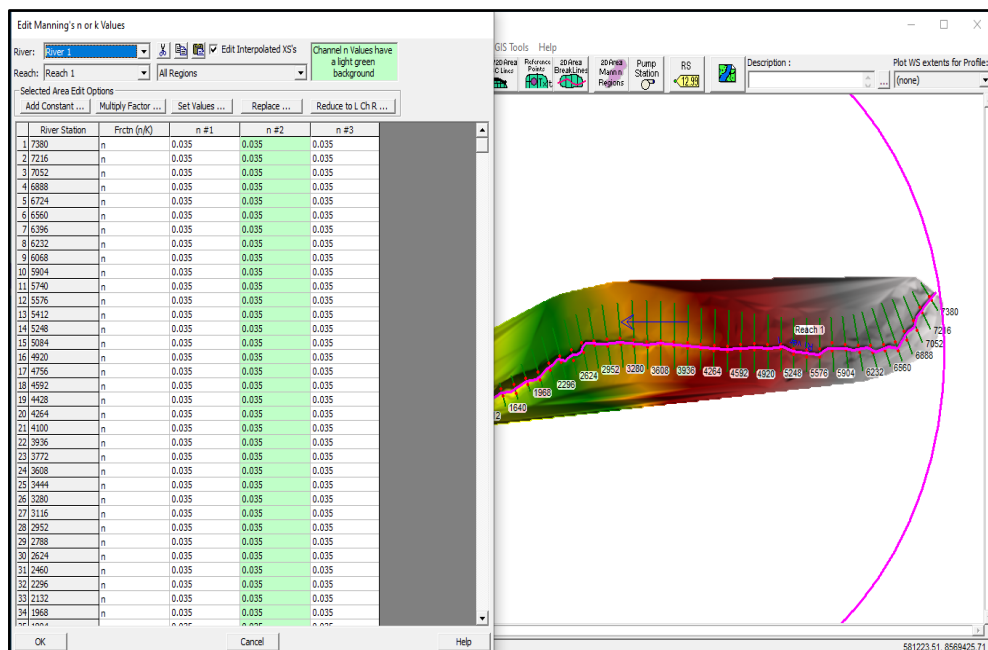


Figura 2.20. Valores de coeficiente de rugosidad de Manning

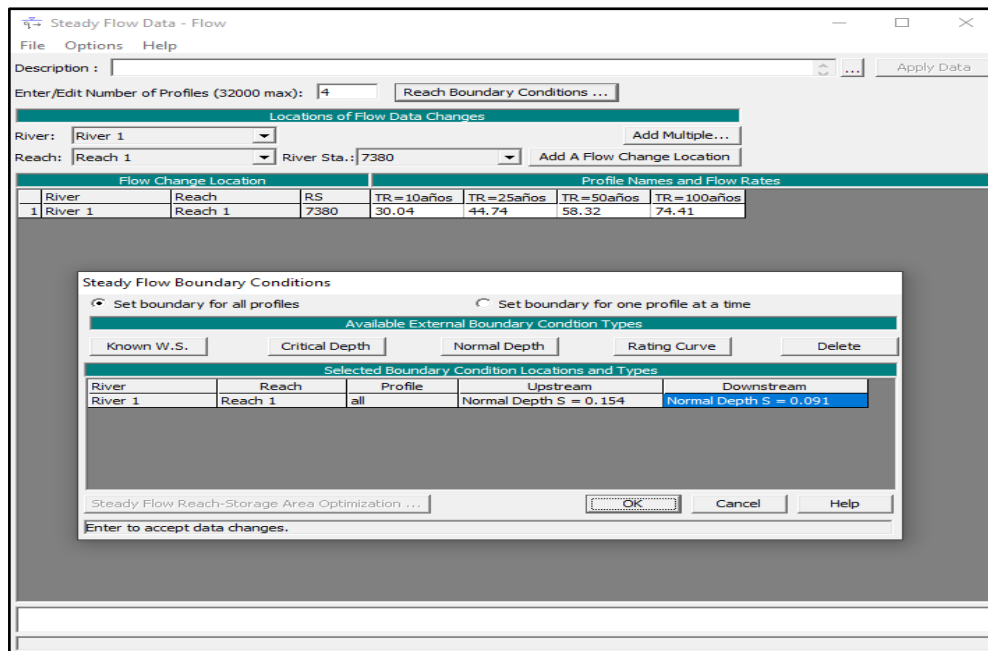


Figura 2.21. Caudales máximos y las condiciones de contorno en Hec-RAS

10. A través de la herramienta *Run, Steady Flow Analysis* se crea el plan de análisis constante de régimen mixto para realizar la simulación de tramo del río, ver figura 2.22.

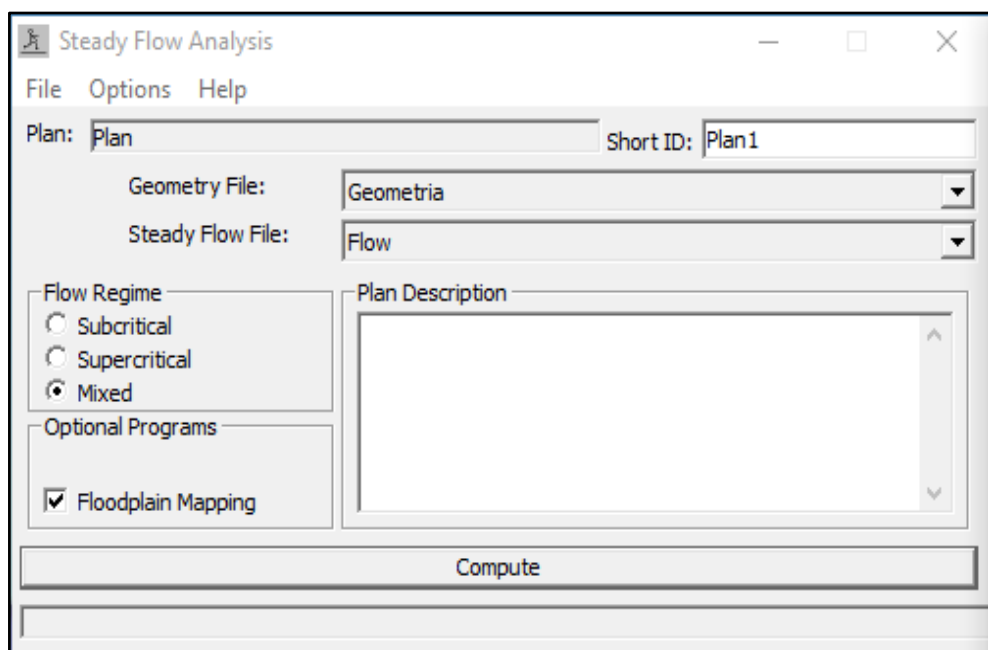


Figura 2.22. Plan de la simulación hidráulica Hec-RAS

CAPÍTULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. RESULTADOS

3.1.1. Determinación los parámetros geomorfológicos mediante el software ArcGIS de la cuenca del río Huanta, a un kilómetro aguas abajo del puente Huanta, sector Accoscca

a) Área y perímetro de la cuenca

- Tiene un área de $A = 56.43 \text{ km}^2$
- Tiene un perímetro de $P = 41.16 \text{ km}$.

b) Parámetros de forma

1. Índice de compacidad

$$I_c = 0.282 \frac{P}{\sqrt{A}} = 0.282 \frac{41.16}{\sqrt{56.43}} = 1.55$$

La cuenca de Huanta tiene un índice de compacidad de 1.55

2. Rectángulo equivalente

Al transformar la cuenca Huanta en el rectángulo equivalente presenta un lado mayor de $L = 17.32 \text{ km}$ y como lado menor $l = 3.26 \text{ km}$.

$$L = \frac{I_c * \sqrt{A}}{1.128} * \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.128}{I_c}\right)^2} \right] = \frac{1.55 * \sqrt{56.43}}{1.128} * \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.128}{1.55}\right)^2} \right] = 17.32 \text{ km}$$

$$l = \frac{I_c * \sqrt{A}}{1.128} * \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.128}{I_c}\right)^2} \right] = \frac{1.55 * \sqrt{56.43}}{1.128} * \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.128}{1.55}\right)^2} \right] = 3.26 \text{ km}$$

3. Factor de forma

$$F_f = \frac{A}{L_c^2} = \frac{56.43}{17.32^2} = 0.19$$

Huanta muestra un factor de forma de 0.19

4. Relación de elongación

$$R_e = 1.1284 * \frac{\sqrt{A}}{L_c} = 1.1284 * \frac{\sqrt{56.43}}{12.20} = 0.69$$

La relación de elongación es 0.69

c) Parámetros de relieve

1. Pendiente de la cuenca

- Método de rectángulo equivalente

$$S = \frac{H}{L_c} = \frac{4912 - 2575}{17428.74} = 0.1341 \approx 13.50\%$$

- Método de ocurrencias del Software ArcGIS

Tabla 3.1. Pendientes de la cuenca por criterio de número de ocurrencias

N°	Rango de pendiente (%)			N° de ocurrencias (2)	(1)*(2)
	Inferior	Superior	Promedio (1)		
1	0	10	5.00	159010.00	795050.00
2	10	20	15.00	178874.00	2683110.00
3	20	30	25.00	19796.00	494900.00
4	30	40	35.00	2616.00	91560.00
5	40	50	45.00	627.00	28215.00
6	50	60	55.00	139.00	7645.00
7	60	70	65.00	50.00	3250.00
8	70	80	75.00	34.00	2550.00
9	80	90	85.00	15.00	1275.00
10	90	100	95.00	8.00	760.00
$S = \left(\frac{\sum_{i=1}^n S_i * N_i}{\sum N_i} \right)$			Total=	361169.00	4108315.00
				Pendiente media de la cuenca=	11.38 %

$$S = \frac{13.50 + 11.38}{2} = 12.44\%$$

La pendiente de a cuenca es 12.44 % (promedio aritmético)

2. Curva hipsométrica

Generado a partir de la división del área de la cuenca en 12 áreas parciales, los cuales se detallan en la siguiente tabla de apoyo.

Tabla 3.2. Áreas parciales para la curva hipsometrica

Elevación (msnm)	Área Parciales		ÁREAS ACUMULADAS			
	km ²	%	Áreas por debajo		Áreas por encima	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%
más bajo						
2575.00	0.00	0.00	0.00	0.00	56.43	100.00
2770.00	2.00	3.55	2.00	3.55	54.43	96.45
2965.00	2.26	4.00	4.26	7.56	52.17	92.44
3160.00	1.63	2.89	5.90	10.45	50.54	89.55
3355.00	2.29	4.06	8.19	14.51	48.24	85.49
3549.00	2.94	5.20	11.13	19.71	45.31	80.29
3744.00	3.83	6.78	14.95	26.50	41.48	73.50
3939.00	4.20	7.45	19.16	33.94	37.28	66.06
4134.00	7.87	13.95	27.02	47.89	29.41	52.11
4328.00	12.28	21.76	39.31	69.65	17.13	30.35
4523.00	13.19	23.37	52.50	93.02	3.94	6.98
4718.00	3.60	6.39	56.10	99.41	0.33	0.59
4912.00	0.33	0.59	56.43	100.00	0.00	0.00
más alto	56.43					
Altitud media					4058.71 msnm	
Altitud más frecuente					4523.00 msnm	
Altitud de frecuencia media					3927.10 msnm	
Altitud media ponderada					3985.17 msnm	
Altitud media Simple					3743.50 msnm	

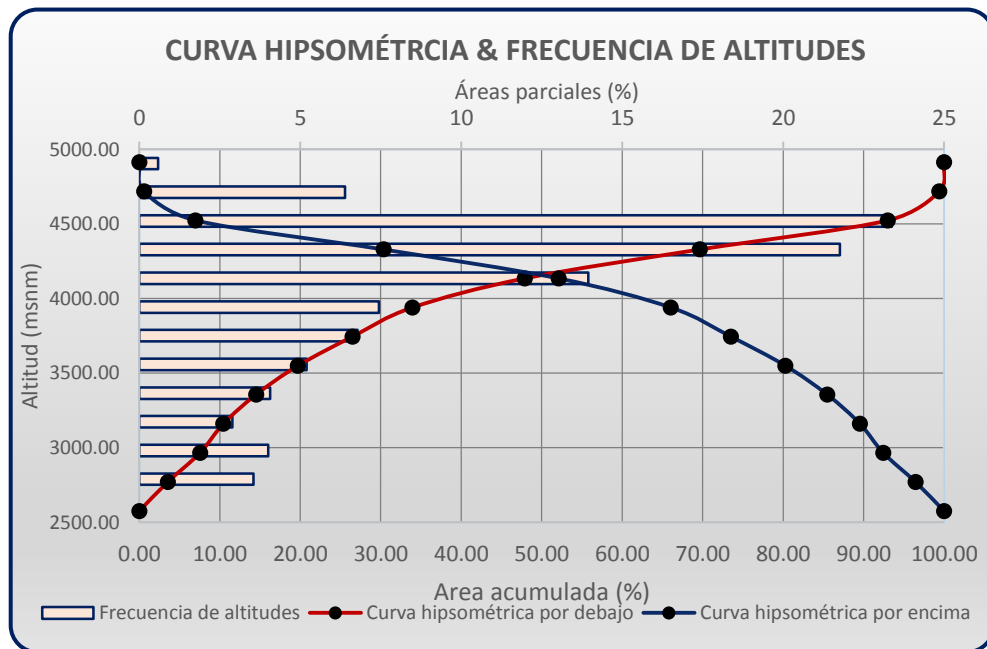


Figura 3.1. Curva hipsométrica y frecuencia de altitudes

d) Parámetros de la red hídrica

1. Perfil longitudinal del cauce

Tabla 3.3. Longitud del río principal

PERFIL LONGITUDINAL DEL RÍO PRINCIPAL		
Cotas msnm	Longitud de tramo km	Longitud acumulado km
2575	0	0
2635	0.50	0.50
3188	5.14	5.64
3504	2.44	8.09
3637	0.94	9.02
3770	0.78	9.81
4078	3.15	12.96
4104	0.18	13.13
4165	1.86	14.99
Total	14.99	

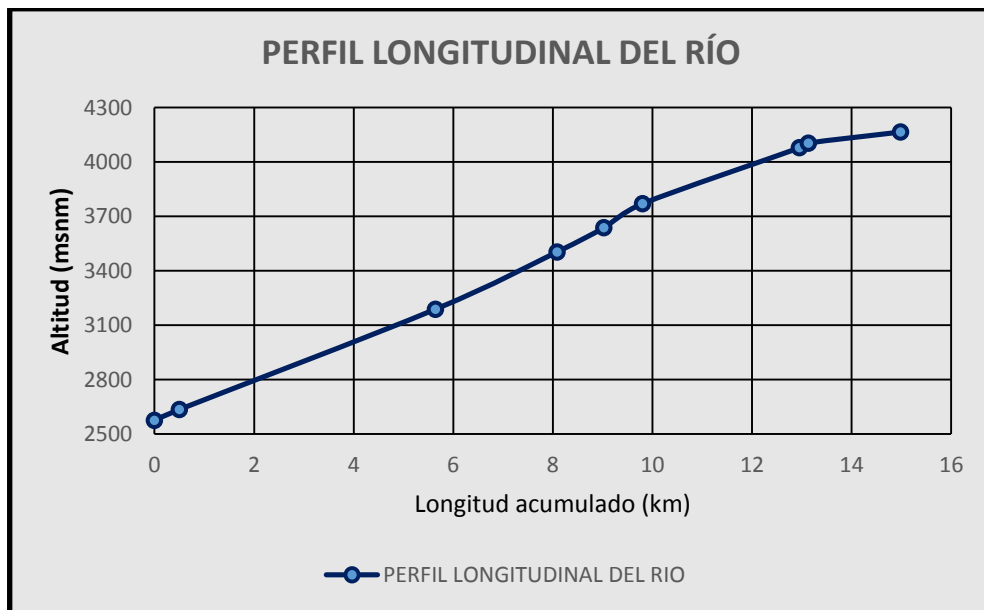


Figura 3.2. Perfil longitudinal del río principal

2. Componentes de la red hídrica

- Orden de la red hídrica

La corriente principal es de orden 3.

- Longitud de corrientes

La longitud total de corrientes (Lt) es de 30,70 kilómetros obtenidos del programa ArcGIS.

Tabla 3.4. Longitud total de la red hidrográfica

Orden de la red hídrica	Longitud en km
1	13.63
2	7.26
3	9.81
Total=	30.70 km

3. Pendiente del cauce principal

- Método pendiente uniforme

$$S_p = \frac{Cota_{max} - Cota_{min}}{\text{Longitud del rio}} = \frac{4165 - 2575}{14989} = 10.62\%$$

- Método Taylor y Schwarz

Tabla 3.5. Pendiente del cauce principal

Elevación msnm	Longitud (L) m	Diferencia (H)m	Pendiente S=H/L	L/S^0.5
2575	0.00	0.00	0.00	0.00
2635	499.86	60.00	0.120	1442.75
3188	5144.77	553.00	0.107	15692.31
3504	2442.34	316.00	0.129	6789.91
3637	937.42	133.00	0.142	2488.70
3770	781.75	133.00	0.170	1895.30
4078	3151.03	308.00	0.098	10078.69
4104	175.66	26.00	0.148	456.59
4165	1855.97	61.00	0.033	10237.47
Total	14988.801			49081.72866

$$S = \left[\frac{\sum_{i=1}^n L_i}{\sum_{i=1}^n \frac{L_i}{\sqrt{S_i}}} \right]^2$$

Pendiente	0.093
	9.33%

La pendiente promedio del cauce principal es:

$$S_p = \frac{10.62 + 9.33}{2} = 9.97\%$$

4. Densidad de corrientes

El número de corrientes de la cuenca es de 19 unidades respecto a su área de 56.43 km² tenemos que la densidad de corriente es de 0.34 und/km².

$$D_c = \frac{N_c}{A} = \frac{19}{56.43} = 0.34 \text{ und/km}^2$$

5. Densidad de drenaje

La densidad de drenaje es de 0.54 km/km²

$$D_d = \frac{L_t}{A} = \frac{30.70}{56.43} = 0.54 \text{ km/km}^2$$

e) Tiempo de concentración

El tiempo de concentración es de 1.72 horas

Según Kirpich:

$$T_c = 0.06626 * \left(\frac{14.99^2}{0.0997} \right)^{0.385} = 1.29 \text{ hr}$$

Según Temez:

$$T_c = 0.126 * \left(\frac{14.99}{0.0997^{0.35}} \right)^{0.75} = 1.76 \text{ hr}$$

Según Pasini:

$$T_c = 0.023 * \left(\frac{56.43 * 14.99}{0.0997} \right)^{0.5} = 2.12 \text{ hr}$$

Tomando el promedio se tiene:

$$T_c = \frac{1.29 + 1.76 + 2.12}{3} = 1.72 \text{ hr}$$

Finalmente, se presenta el resumen de los resultados del objetivo 1 en la tabla 3.6

f) Resumen de parámetros geomorfológicos de la cuenca Huanta

Tabla 3.6. Resumen de resultados de los propiedades morfométricas

PROPIEDADES MORFOMÉTRICAS DE LA CUENCA HUANTA					
	Descripción			Valor	Unidad
	Área			56.43	km ²
	Perímetro			41.16	km
PARÁMETROS DE FORMA		Coeficiente de Compacidad (Gravelius)		1.55	adim.
			Lado Mayor	17.32	km
			Lado Menor	3.26	km
		Factor de Forma		0.19	adim.
		Relación de elongación		0.69	adim.
		Radio de Circularidad		0.42	adim.
		Cota mínima		2573.67	msnm
	Cota máxima		4911.56	msnm	
PARÁMETROS DE RELIEVE		Pendiente de la cuenca	M. Rect. Equiv. 13.50 M. Ocurrencias 11.38	12.44	%
		Curva Hipsométrica		-	-
		Altitud media		4058.71	msnm
		Altitud más frecuente		4523.00	msnm
		Altitud de frecuencia media (1/2)		3927.10	msnm
		Altitud media ponderada		3985.17	msnm
		Longitud cauce principal		14.99	km
PARÁMETROS DE LA RED HIDROGRÁFICA		Pendiente del cauce principal	M. Pend. Unf. 10.62 M. Taylor y Schwarz 9.33	9.97	%
		Orden de la red hídrica		3.00	Orden
		Longitud total de corrientes		30.70	km
		Densidad de corrientes		0.34	und/km ²
		Densidad de drenaje		0.54	km/km ²
		Tiempo de concentración		1.72	horas

3.1.2. Determinar los caudales máximos mediante el modelo HEC-HMS y otros métodos (directos, empíricos e hidrológicos) para tiempos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años, a un kilómetro aguas abajo del puente Huanta, sector Accoscca

a) Resultados preliminares

1. Número de curva de la cuenca

- Para determinar la Curva Número de las subcuencas se realizó la delimitación de la cobertura vegetal del suelo para la cuenca a través del Software ArcGIS tomando las coberturas clasificadas por la ANA tabla 2.2 tomando en cuenta la tabla 1.5 tabulados por el Soil Conservation Service como son: Cuerpos de agua, Matorrales arbustivos, Praderas en zona clima frío desierto en zonas de clima árido y carreteras. Las cuales se pueden apreciar en la lámina PCV-01
- El grupo hidrológico de suelos fue determinada a través del archivo Shapefile descargado de a página Geogpsperu Minam, que nos menciona que la cuenca se encuentra en el grupo hidrológico “B”
- Por último se seleccionó el número de curva que cae en a intersección de la cobertura vegetal y el grupo hidrológico “B”; una vez seleccionado se pasa a la ponderación para la curva número para la cada subcuenca, que consistió en realizar el cálculo de la siguiente manera:

$$\frac{\sum(A_p * CN_p)}{\sum(A_p)}$$

Donde:

A_p : Área para cada cobertura vegetal

CN_p : Curva Numero para cada cobertura vegetal

Ejemplo para la subcuenca 01

$$\frac{0.48 * 100 + 0.72 * 66 + 1.55 * 79 + 12.79 * 81 + 0.06 * 85}{0.48 + 0.72 + 1.55 + 12.79 + 0.06} = 81$$

- El número de curva para las cuencas fue de 81, 82, 76, 73 y 72, y la Curva número ponderado para la cuenca fue de CN = 78.

Tabla 3.7. Número de curva para la cuenca

Subcuencas	Cobertura vegetal	Grupo hidrológico	Área (km ²)	CN parcial	CN ponderado subcuenca	CN ponderado cuenca
Subcuenca 1	Cuerpos de agua	B	0.48	100	81	
	Matorral arbustivo abierto	B	0.72	66		
	Pradera en zona de clima frío	B	1.55	79		
	Desierto en zona de clima árido	B	12.79	81		
	Carretera	B	0.06	85		
Subcuenca 2	Cuerpos de agua	B	0.82	100	82	
	Matorral arbustivo abierto	B	0.17	66		
	Pradera en zona de clima frío	B	0.44	79		
	Desierto en zona de clima árido	B	12.01	81		
	Carretera	B	0.09	85		
Subcuenca 3	Cuerpos de agua	B	0.02	100	76	78
	Matorral arbustivo abierto	B	3.47	66		
	Pradera en zona de clima frío	B	2.53	79		
	Tierras en cultivo	B	0.67	71		
	Desierto en zona de clima árido	B	5.30	81		
Subcuenca 4	Carretera	B	0.06	85	73	
	Tierras en cultivo	B	0.83	71		
	Matorral arbustivo abierto	B	2.73	66		
	Pradera en zona de clima frío	B	0.34	79		
	Sabana de árboles leñosos	B	0.01	66		
Subcuenca 5	Desierto en zona de clima árido	B	2.36	81	72	
	Carretera	B	0.00	85		
	Área urbana	B	0.39	85		
	Tierras en cultivo	B	4.69	71		
	Matorral arbustivo abierto	B	1.88	66		
	Pradera en zona de clima frío	B	1.87	79		
	Sabana de árboles leñosos	B	0.03	66		
	Carretera	B	0.10	85		

2. Precipitaciones máximas de 24 horas para la cuenca Huanta

Las precipitación máximas en 24 horas se aprecia en la tabla 3.8

Tabla 3.8. Precipitaciones máximas de 24 horas seleccionadas

Año	Est. Huanta	Est. Quinua	Pmax24
1992	26.50	16.20	26.50
1993	31.70	37.30	37.30
1994	31.70	36.70	36.70
1995	51.60	35.20	51.60
1996	29.50	29.70	29.70
1997	38.70	37.80	38.70
1998	39.70	43.60	43.60
1999	42.60	28.40	42.60
2000	35.30	26.70	35.30
2001	26.00	28.70	28.70
2002	22.70	27.00	27.00
2003	32.50	32.40	32.50
2004	25.20	23.00	25.20
2005	55.10	31.00	55.10
2006	28.10	21.10	28.10
2007	25.00	33.20	33.20
2008	20.60	24.60	24.60
2009	30.10	46.80	46.80
2010	22.00	28.50	28.50
2011	22.60	32.10	32.10
2012	21.60	28.80	28.80
2013	28.60	37.90	37.90
2014	21.90	31.20	31.20
2015	32.20	22.30	32.20
2016	32.60	32.00	32.60
2017	24.50	31.70	31.70

3. Análisis de datos dudosos (Outlier)

No existen datos dudosos altos ni bajos

Tabla 3.9. Análisis de datos dudosos

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	PPmax24hr	Log(PPmax24hr)
Número de datos (N)	26.00	26.00
Sumatoria	898.20	39.74
Valor Máximo	55.10	1.74
Valor Mínimo	24.60	1.39
Media:	34.55	1.528
Varianza:	62.76	0.009
Desviación Estándar:	7.92	0.093
Coefficiente Variación:	0.23	0.061
Coefficiente de Sesgo (CS):	1.14	0.7072

Se Considera: (si CS>0.4) **Detectar Datos Dudosos Altos**

n= 26.00
Kn= 2.502

Kn: Valor recomendado, varía según el valor de n (significancia:10%)

Umbral de datos dudosos **altos (xH: unidad. Logarítmicas)**

$$x_H = \bar{x} + k_n \cdot s \qquad \mathbf{xH= \quad 1.76}$$

Precipitación máxima aceptaba

$$\mathbf{PH= 10^{xH} \qquad PH= \quad 57.60 \text{ mm}}$$

NO EXISTEN DATOS DUDOSOS ALTOS DE LA MUESTRA

Umbral de datos dudosos **bajos (xL: unidad. Logarítmicas)**

$$x_L = \bar{x} - k_n \cdot s \qquad \mathbf{xL= \quad 1.30}$$

Precipitación mínima aceptaba

$$\mathbf{PH= 10^{xH} \qquad PL= \quad 19.79 \text{ mm}}$$

NO EXISTEN DATOS DUDOSOS BAJOS DE LA MUESTRA

4. Análisis estadístico de la precipitación máxima de 24 horas.

- **Distribución normal**

De acuerdo con la Tabla A.6 en el anexo A, en comparación con la Tabla 1.3, la información de lluvia máxima, sigue a la normal con nivel de significancia al 5%.

Con: $\Delta_{\max} = 0.1601 < \Delta_{\text{tab}} = 0.256$

- **Distribución Log normal 2 parámetros**

De acuerdo con la Tabla A.7 en el anexo A, en comparación con la Tabla 1.3, la información de lluvia sigue a la logarítmica normal de dos parámetros con nivel de significancia al 5%.

Con: $\Delta_{\max} = 0.1240 < \Delta_{\text{tab}} = 0.256$

- **Distribución Log-Pearson tipo III**

De acuerdo con la Tabla A.8 en el anexo A, en comparación con la Tabla 1.3, la información de lluvia sigue al Log-Pearson tipo III, con nivel de significancia al 5%.

Con: $\Delta_{\max} = 0.0771 < \Delta_{\text{tab}} = 0.256$

- **Distribución Gumbel**

De acuerdo con la Tabla A.9 en el anexo A, en comparación con la Tabla 1.3, la información de lluvia siguen al Gumbel con nivel de significancia al 5 %.

Con: $\Delta_{\max} = 0.0951 < \Delta_{\text{tab}} = 0.256$

- **Distribución Log Gumbel**

De acuerdo con la Tabla A.10 en el anexo A, en comparación con la Tabla 1.3, la información de lluvia siguen al Log-Gumbel con nivel de significancia al 5%.

Con: $\Delta_{\max} = 0.0639 < \Delta_{\text{tab}} = 0.256$.

5. Prueba de ajuste Smirnov Kolmogorov

Tabla 3.10. Prueba de ajuste de Smirnov Kolmogorov

Ajuste Smirnov Kolmogorov de las distribuciones						
N°	Tabulada	Normal	Log-Normal	Log-earson III	Gumbel	Log-Gumbel
1	0.256	0.0676	0.0320	0.0033	0.0232	0.0138
2	0.256	0.0450	0.0112	0.0152	0.0040	0.0355
3	0.256	0.0438	0.0172	0.0013	0.0156	0.0209
4	0.256	0.0223	0.0006	0.0107	0.0007	0.0317
5	0.256	0.0227	0.0097	0.0137	0.0179	0.0010
6	0.256	0.0004	0.0086	0.0008	0.0022	0.0108
7	0.256	0.0290	0.0360	0.0240	0.0239	0.0339
8	0.256	0.0622	0.0681	0.0548	0.0554	0.0639
9	0.256	0.0630	0.0593	0.0349	0.0412	0.0361
10	0.256	0.0340	0.0146	0.0240	0.0106	0.0353
11	0.256	0.0477	0.0236	0.0184	0.0032	0.0330
12	0.256	0.0657	0.0380	0.0060	0.0103	0.0229
13	0.256	0.0979	0.0694	0.0250	0.0414	0.0075
14	0.256	0.1204	0.0894	0.0439	0.0610	0.0249
15	0.256	0.1526	0.1208	0.0750	0.0923	0.0556
16	0.256	0.1601	0.1240	0.0771	0.0951	0.0553
17	0.256	0.0917	0.0471	0.0037	0.0212	0.0210
18	0.256	0.0595	0.0147	0.0215	0.0062	0.0449
19	0.256	0.0678	0.0241	0.0085	0.0057	0.0307
20	0.256	0.0768	0.0349	0.0062	0.0191	0.0147
21	0.256	0.0778	0.0392	0.0158	0.0270	0.0031
22	0.256	0.0305	0.0471	0.0471	0.0438	0.0555
23	0.256	0.0216	0.0326	0.0282	0.0266	0.0343
24	0.256	0.0502	0.0480	0.0349	0.0368	0.0352
25	0.256	0.0584	0.0506	0.0352	0.0392	0.0311
26	0.256	0.0323	0.0261	0.0129	0.0171	0.0078
Δmax	0.256	0.1601	0.1240	0.0771	0.0951	0.0639

6. Precipitación máxima de 24 horas para los periodos de retorno

Tabla 3.11. Precipitación máxima de 24 horas para periodos de retorno

Precipitaciones máximas en 24hr generadas de acuerdo a los tiempos de retorno				
T	P(x)	Variable normal estándar (W)	Factor de frecuencia (K)	Pmax 24hr (mm) Dit. Log Gumbel
2	0.5000	-0.3665	-0.1643	32.6003
5	0.2000	-1.4999	0.7195	39.3700
10	0.1000	-2.2504	1.3046	44.6087
25	0.0400	-3.1985	2.0438	52.2361
50	0.0200	-3.9019	2.5923	58.7253
100	0.0100	-4.6001	3.1367	65.9636
200	0.0050	-5.2958	3.6791	74.0627
500	0.0020	-6.2136	4.3947	86.2887

b) Caudal máximo por el Método directo Sección-pendiente

Tabla 3.12. Caudal máximo por el método Sección-Pendiente

MÉTODO DIRECTO SECCIÓN-PENDIENTE (HUELLAS MÁXIMAS)							
1.- Prueba de aforamiento							
<i>Sección aguas arriba</i>				<i>Sección aguas abajo</i>			
<i>Longitud(m)</i>		<i>Tirante (m)</i>		<i>Longitud (m)</i>		<i>Tirante (m)</i>	
<i>simb</i>	<i>valor</i>	<i>simb</i>	<i>valor</i>	<i>simb</i>	<i>valor</i>	<i>simb</i>	<i>valor</i>
L	0.00	y ₁	0.00	L	0.00	y ₁	0.00
L	0.25	y ₂	0.40	L	0.25	y ₂	0.32
L	0.50	y ₃	0.76	L	0.50	y ₃	0.47
L	0.75	y ₄	0.91	L	0.75	y ₄	0.94
L	1.00	y ₅	1.03	L	1.00	y ₅	0.99
L	1.25	y ₆	1.05	L	1.25	y ₆	0.99
L	1.50	y ₇	1.06	L	1.50	y ₇	1.02
L	1.75	y ₈	1.14	L	1.75	y ₈	1.02
L	2.00	y ₉	1.20	L	2.00	y ₉	1.06
L	2.25	y ₁₀	1.28	L	2.25	y ₁₀	1.13
L	2.50	y ₁₁	1.24	L	2.50	y ₁₁	1.12
L	2.75	y ₁₂	1.24	L	2.75	y ₁₂	1.16
L	3.00	y ₁₃	1.19	L	3.00	y ₁₃	1.14
L	3.25	y ₁₄	1.10	L	3.25	y ₁₄	1.32
L	3.50	y ₁₅	1.08	L	3.50	y ₁₅	1.26
L	3.75	y ₁₆	1.08	L	3.75	y ₁₆	1.26
L	4.00	y ₁₇	1.08	L	4.00	y ₁₇	1.20
L	4.25	y ₁₈	1.05	L	4.25	y ₁₈	1.11
L	4.50	y ₁₉	0.99	L	4.50	y ₁₉	1.09
L	4.75	y ₂₀	1.09	L	4.75	y ₂₀	1.07
L	5.00	y ₂₁	1.08	L	5.00	y ₂₁	1.04
L	5.25	y ₂₂	1.06	L	5.25	y ₂₂	1.01
L	5.50	y ₂₃	0.92	L	5.50	y ₂₃	0.99
L	5.75	y ₂₄	0.62	L	5.75	y ₂₄	1.02
L	6.00	y ₂₅	0.59	L	6.00	y ₂₅	0.98
L	6.25	y ₂₆	0.51	L	6.25	y ₂₆	0.91
L	6.50	y ₂₇	0.00	L	6.50	y ₂₇	0.52
				L	6.75	y ₂₈	0.25
				L	7.00	y ₂₉	0.22
				L	7.25	y ₃₀	0.00

2.- Secciones parciales del río			
$A = L(y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + \dots + y_n)$			
$A1 =$	6.184	m^2	
$A2 =$	6.645	m^2	

3.- Determinación de parámetros								
<i>Coefficiente rugosidad:</i>		<i>Pendiente en campo(%)</i>		<i>Perímetro en campo (m)</i>		<i>Cálculo del radio hidráulico (A/P)</i>		
n =	0.035	S =	0.0100	Secc-1	P1 =	7.575	R1 =	0.816
				Secc-2	P2 =	8.283	R2 =	0.802

4.- Cálculo del caudal máximo			
$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \Rightarrow Q_{max} = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} A_{max}$			
Donde:	Q _{max} =	flujo máximo (m ³ /s)	
	n =	Rugosidad de Maninng	
	R =	Radio hidráulico	
	S =	Pendiente (m/m)	
	A =	Secció hidráulica (m ²)	
	Caudal aguas arriba (m³/s)	Q1 =	15.43
	Caudal aguas abajo (m³/s)	Q2 =	16.39
	Caudal Promedio (m³/s)	Q_{max} =	15.91

c) **Caudales según los Métodos empíricos**

- **Método envolvente de Creager**

Los resultados se pueden observar en la tabla 3.13.

Tabla 3.13. Caudales máximos por método regional (Creager)

CAUDALES MÁXIMOS MÉTODO REGIONAL (CREAGER)

$$Q = (C1 + C2) * \text{Log}(T) * A^{(m * A^{-n})}$$

Donde: Qmax: Caudal máximo para un periodo de retorno seleccionado, en m³/s
 A : Área de la cuenca aportante, en km²
 T : Periodo de retorno, en años
 C1, C2 : Coeficientes adimensionales de escala, por regiones hidráulica
 m, n : Exponentes adimensionales, por regiones hidráulicas

Periodo de retorno T (años)	Área de la cuenca (Km ²)	Coeficiente				Log(T)	A ^(m*A⁻ⁿ)	Qmax (m ³ /s)
		C1	C2	m	n			
2	56.43	0.18	0.31	1.24	0.04	0.301	70.519	10.40
5	56.43	0.18	0.31	1.24	0.04	0.699	70.519	24.15
10	56.43	0.18	0.31	1.24	0.04	1.000	70.519	34.55
25	56.43	0.18	0.31	1.24	0.04	1.398	70.519	48.30
50	56.43	0.18	0.31	1.24	0.04	1.699	70.519	58.71
100	56.43	0.18	0.31	1.24	0.04	2.000	70.519	69.11
200	56.43	0.18	0.31	1.24	0.04	2.301	70.519	79.51
500	56.43	0.18	0.31	1.24	0.04	2.699	70.519	93.26

COEFICIENTES DE LA ECUACIÓN REGIONAL DE DESCARGAS EN EL PERÚ

Región	C1	C2	m	n
1	1.01	4.37	1.02	0.04
2	0.10	1.28	1.02	0.04
3	0.27	1.48	1.02	0.04
4	0.09	0.36	1.24	0.04
5	0.11	0.26	1.24	0.04
6	0.18	0.31	1.24	0.04
7	0.22	0.37	1.24	0.04

- **Método de racional modificado de Temez**

Los resultados se pueden observar en la tabla 3.14.

Tabla 3.14. Caudales máximos por el método Racional modificado de Temez

MÉTODO RACIONAL MODIFICADO (TEMEZ)										
Q = 0,278 CIAK										
Dónde: Q: Descarga máxima de diseño (m ³ /s)										
C: Coeficiente de escorrentía para el intervalo en el que se produce I										
I: Intensidad máxima de precipitación horaria (mm/hr).										
A: Área de la cuenca (Km ²)										
K: Coeficiente de uniformidad										
A: 56.43 Km ²			CN: 78.00 Adi							
L: 14.99 Km			S: 0.100 m/m							
Tr (años)	A (Km ²)	Tc (Horas)	K	Ka	Ppmax 24h (mm)	Pd (mm)	I (mm/hr)	Po	C	Qmax (m ³ /s)
2	56.43	3.64	1.264	0.883	32.60	28.794	5.72	18.333	0.089	10.06
5	56.43	3.64	1.264	0.883	39.37	34.773	6.91	18.333	0.134	18.39
10	56.43	3.64	1.264	0.883	44.61	39.400	7.83	18.333	0.167	25.94
25	56.43	3.64	1.264	0.883	52.24	46.137	9.17	18.333	0.212	38.50
50	56.43	3.64	1.264	0.883	58.73	51.868	10.30	18.333	0.247	50.48
100	56.43	3.64	1.264	0.883	65.96	58.261	11.57	18.333	0.284	65.10
200	56.43	3.64	1.264	0.883	74.06	65.415	13.00	18.333	0.321	82.85
500	56.43	3.64	1.264	0.883	86.29	76.213	15.14	18.333	0.373	112.05

1.- Tiempo de concentración

$$Tc = 0.3(L/S^{0.25})^{0.76}$$

L: Longitud del cauce (Km)

S: Pendiente del río (m/m)

2.- Coeficiente de uniformidad (K)

$$K = 1 + \frac{Tc^{1.25}}{Tc^{1.25} + 14}$$

3.- Coeficiente de simultaneidad o facto reductor (Ka)

$$Ka = 1 - \frac{\text{Log}(A)}{15}$$

4.- Precipitación máxima corregida sobre la cuenca (Pd)

$$Pd = Ka * PP_{max24hr}$$

Ppmax 24h: Precipitación máxima diaria (mm)

5.- Intensidad de precipitación I (mm/hr)

$$I = \left(\frac{P}{24}\right) * \left(11\right)^{\frac{28^{0.1-Tc^{0.1}}}{28^{0.1}-1}}$$

6.- Umbral de escorrentía, Po

$$Po = \frac{5000}{CN} - 50$$

Po se debe multiplicar por un factor regional de r = 1.3

7.- Coeficiente de escorrentía, C

$$C = \frac{(Pd - Po) * (Pd + 23 * Po)}{(Pd + 11 * Po)^2}$$

- **Método de curva número**

Los resultados se pueden observar en la tabla 3.15.

Tabla 3.15. Caudales máximos por método de curva número

CAUDALES MÁXIMOS MÉTODO DEL NÚMERO DE CURVA						
$Q_{max} = q * P_e * A$						
Qmax: Flujo máximo (m ³ /s)						
q: Flujo unitario (m ³ /s/mm/km ²)						
Pe: Precipitación efectiva (mm)						
A: Extensión de cuenca (Km ²)						
Datos: Tiempo de concentración: 1.72 hr						
Área de la cuenca: 56.43 km ²						
Periodo de retorno T (años)	Intensidad maximaX6h (mm/hr)	Precipitación máxima (mm)	Número de curva	Escorrentía Pe (mm)	Flujo unitario (m ³ /s/mm/km ²)	Qmax (m ³ /s)
2	3.93	23.558	78	1.0534	0.1112	6.61
5	4.61	27.636	78	2.0848	0.1112	13.08
10	5.20	31.184	78	3.2105	0.1112	20.15
25	6.10	36.582	78	5.2745	0.1112	33.10
50	6.88	41.279	78	7.3671	0.1112	46.23
100	7.76	46.578	78	10.0109	0.1112	62.82
200	8.76	52.557	78	13.3018	0.1112	83.47
500	10.28	61.656	78	18.8276	0.1112	118.14

Tabla : valores de flujo unitario (q) por el tiempo de concentración (Tc)

Tc (Hr)	q	Tc (Hr)	q	Tc (Hr)	q
0.1	0.337	1.0	0.158	8	0.039
0.2	0.300	1.5	0.120	10	0.034
0.3	0.271	2.0	0.100	12	0.030
0.4	0.246	2.5	0.086	14	0.027
0.5	0.226	3.0	0.076	16	0.025
0.6	0.208	4.0	0.063	18	0.023
0.7	0.195	5.0	0.054	20	0.021
0.8	0.190	6.0	0.048	22	0.020
0.9	0.168	7.0	0.043	24	0.019

La escorrentía: Pe

$$P_e = \frac{[N(P + 50.8) - 5080]^2}{N[N(P - 203.2) + 20320]}$$

N: número de curva

P: Lluvia de duración 6 horas (mm)

d) Caudales por método de Hidrograma unitario triangular

Tabla 3.16. Caudales máximos por método de Hidrograma unitario triangular

CAUDALES MÁXIMOS POR MÉTODO HIDROGRAMA UNITARIO SINTÉTICO			
1. Datos generales:			
1.1 Número curva		CN =	78.0
1.2 Área de la cuenca		A =	56.43 km ²
1.3 Tiempo de concentración		T _c =	1.72 hr
1.4 Precipitación para	TR= 2 Años	P _{max} =	32.60 mm
1.5 Precipitación para	TR= 5 Años	P _{max} =	39.37 mm
1.6 Precipitación para	TR= 10 Años	P _{max} =	44.61 mm
1.7 Precipitación para	TR= 25 Años	P _{max} =	52.24 mm
1.8 Precipitación para	TR= 50 Años	P _{max} =	58.73 mm
1.9 Precipitación para	TR= 100 Años	P _{max} =	65.96 mm
1.10 Precipitación para	TR= 200 Años	P _{max} =	74.06 mm
1.11 Precipitación para	TR= 500 Años	P _{max} =	86.29 mm
2. Excesos de lluvia			
2.1 Escorrentía (mm) Para		$hpe = \frac{[NC (P_{max} + 50 .8) - 5080]^2}{NC [NC (P_{max} - 203 .2) + 20320]}$	
Hpe=Q=Pe			
2.2 Precipitación efectiva para	Tr= 2 años	hpe1 =	3.71 mm
2.3 Precipitación efectiva para	Tr= 5 años	hpe2 =	6.49 mm
2.4 Precipitación efectiva para	Tr= 10 años	hpe3 =	9.00 mm
2.5 Precipitación efectiva para	Tr= 25 años	hpe4 =	13.12 mm
2.6 Precipitación efectiva para	Tr= 50 años	hpe5 =	16.99 mm
2.7 Precipitación efectiva para	Tr= 100 años	hpe6 =	21.63 mm
2.8 Precipitación efectiva para	Tr= 200 años	hpe7 =	27.16 mm
2.9 Precipitación efectiva para	Tr= 500 años	hpe8 =	36.06 mm
3. Duración, tiempo de retraso, tiempo pico y tiempo base			
3.1 Duración en exceso	$de = 2\sqrt{tc}$	de =	2.62 hr
3.2 Tiempo de retraso	$Tr = 0.6Tc$	Tr =	1.03 hr
3.3 Tiempo pico	$tp = \sqrt{tc} + 0.6tc$	Tp =	2.34 hr
3.4 Tiempo base	$T_b = 2.67T_p$	Tb =	6.26 hr
4. Caudales máximos			
4.1 Caudal máximo	$Q_{max} = \frac{0.208 * hpe * A}{T_p}$		
4.2 Caudal máximo para	Tr= 2 años	Q _{max} =	18.60 m ³ /s
4.3 Caudal máximo para	Tr= 5 años	Q _{max} =	32.49 m ³ /s
4.4 Caudal máximo para	Tr= 10 años	Q _{max} =	45.06 m ³ /s
4.5 Caudal máximo para	Tr= 25 años	Q _{max} =	65.70 m ³ /s
4.6 Caudal máximo para	Tr= 50 años	Q _{max} =	85.08 m ³ /s
4.7 Caudal máximo para	Tr= 100 años	Q _{max} =	108.32 m ³ /s
4.8 Caudal máximo para	Tr= 200 años	Q _{max} =	136.03 m ³ /s
4.9 Caudal máximo para	Tr= 500 años	Q _{max} =	180.61 m ³ /s

e) **Cálculo de Caudal por Método hidrológico**

- **Simulación con Modelo Hec-HMS.**

Se determinaron los siguientes datos necesarios para la simulación hidrológica en las tablas 3.17 y 3.18.

Tabla 3.17. Parámetros de Muskingum de las subcuencas

Subcuencas	Área (km ²)	CN	L (km)	S (m/m)	Tc (hr)	Tlag(min)
SubC-1	15.61	81	5.30	0.75	0.76	16.00
SubC-2	13.54	82	5.02	0.10	0.65	13.57
SubC-3	12.05	76	5.42	0.16	0.56	11.80
SubC-4	6.27	73	2.32	0.20	0.26	5.56
SubC-5	8.96	72	5.83	0.11	0.66	13.86

Tabla 3.18. Parámetros K y X de Muskingum para tramos AB y BC (C=aforo)

Tramos	L (km)	Pendiente de la cuenca (m/m)	K (hr)	X
Tramo AB	5.42	0.48	0.75	0.50
Tramo BC	5.83	0.35	0.84	0.50

1. Caudal para tiempo de retorno de 10 años.

De acuerdo con la Figura 3.3, la descarga máxima en el aforo es de 26,70 m³/s, ocurriendo a las 13:10 horas después de iniciado el evento.

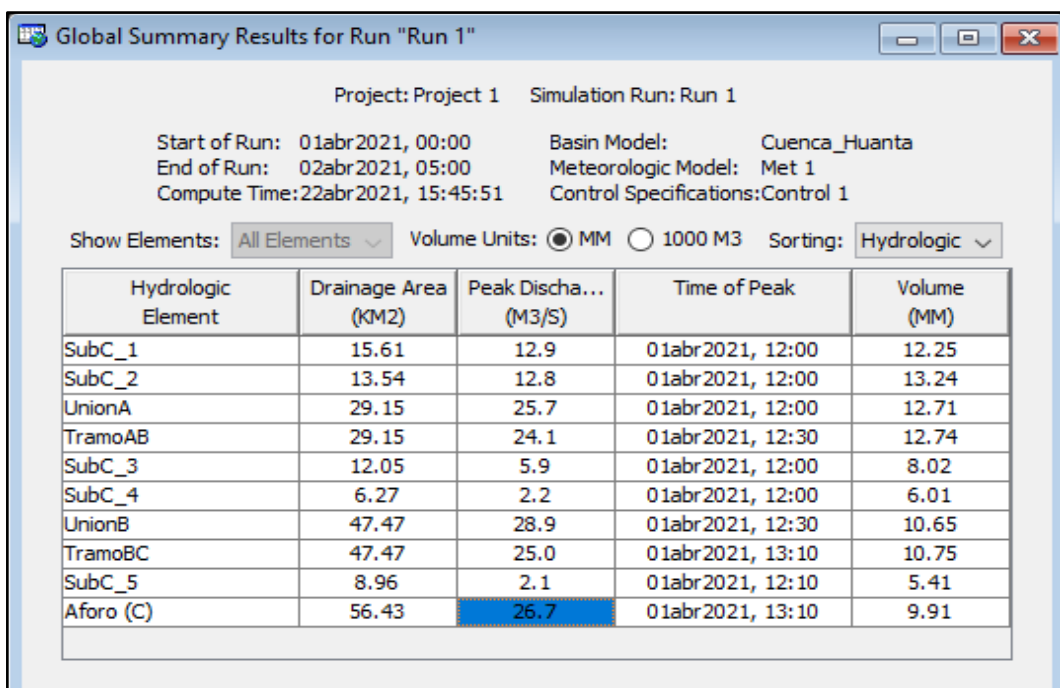


Figura 3.3. Caudal máximo para el tiempo de retorno de 10 años

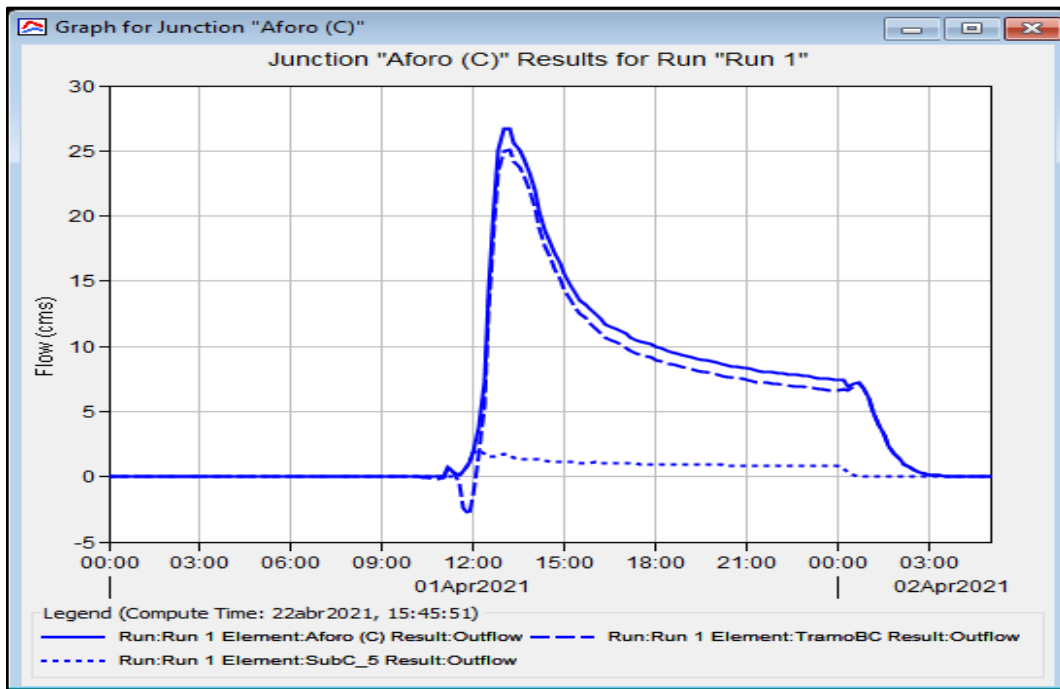


Figura 3.4. Hidrograma de salida para Tr = 10 años

2. Caudal para tiempo de retorno de 25 años.

De acuerdo con la Figura 3.5, la descarga máxima en el aforo es de 41,50 m³/s, ocurriendo a las 13:00 horas después del inicio del evento.

Global Summary Results for Run "Run 1"

Project: Project 1 Simulation Run: Run 1

Start of Run: 01abr2021, 00:00 Basin Model: Cuenca_Huanta
 End of Run: 02abr2021, 05:00 Meteorologic Model: Met 1
 Compute Time: 22abr2021, 15:48:07 Control Specifications: Control 1

Show Elements: All Elements Volume Units: MM 1000 M3 Sorting: Hydrologic

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discha... (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
SubC_1	15.61	19.0	01abr2021, 12:00	17.23
SubC_2	13.54	18.4	01abr2021, 12:00	18.42
UnionA	29.15	37.4	01abr2021, 12:00	17.78
TramoAB	29.15	35.5	01abr2021, 12:30	17.80
SubC_3	12.05	9.9	01abr2021, 12:00	12.04
SubC_4	6.27	4.2	01abr2021, 12:00	9.46
UnionB	47.47	43.1	01abr2021, 12:30	15.24
TramoBC	47.47	38.6	01abr2021, 13:00	15.29
SubC_5	8.96	4.3	01abr2021, 12:10	8.69
Aforo (C)	56.43	41.5	01abr2021, 13:00	14.24

Figura 3.5. Caudal máximo para el tiempo de retorno de 25 años

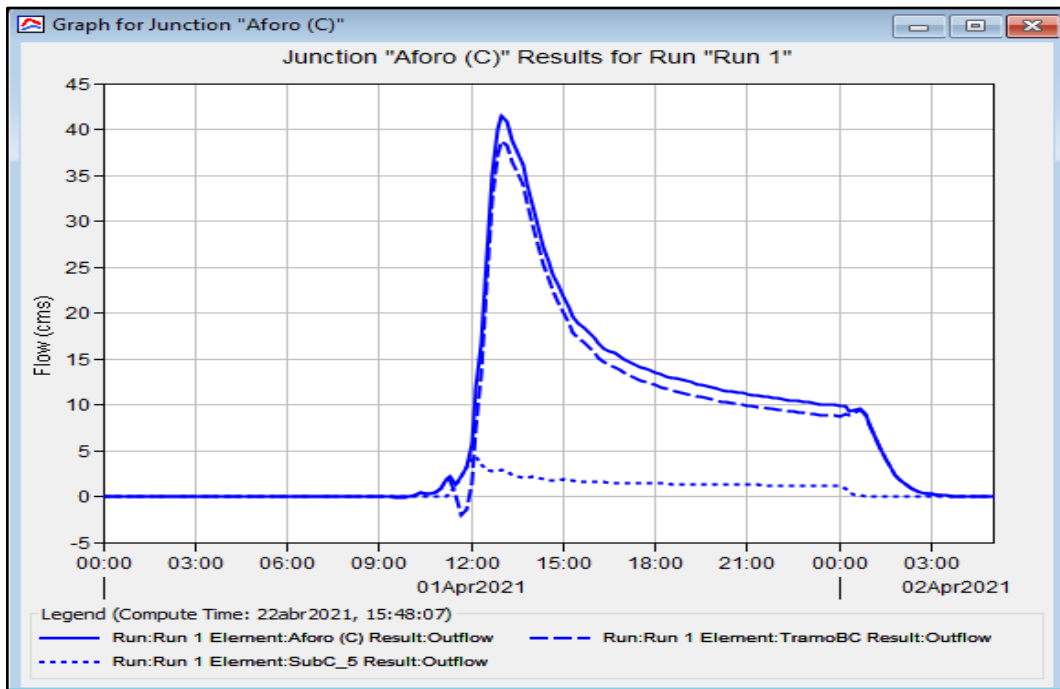


Figura 3.6. Hidrograma de salida para Tr = 25 años

3. Caudal para tiempo de retorno de 50 años.

De acuerdo con la Figura 3.7, la descarga máxima en el aforo es de 55,50 m³/s, ocurriendo a las 13:00 horas después del inicio del evento.

Global Summary Results for Run "Run 1"

Project: Project 1 Simulation Run: Run 1

Start of Run: 01abr2021, 00:00 Basin Model: Cuenca_Huanta
 End of Run: 02abr2021, 05:00 Meteorologic Model: Met 1
 Compute Time: DATA CHANGED, RECOMPUTE Control Specifications: Control 1

Show Elements: Initial Selection Volume Units: MM 1000 M3 Sorting: Hydrologic

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
SubC_1	15.61	24.7	01abr2021, 12:00	21.86
SubC_2	13.54	23.6	01abr2021, 12:00	23.21
UnionA	29.15	48.3	01abr2021, 12:00	22.49
TramoAB	29.15	46.2	01abr2021, 12:30	22.50
SubC_3	12.05	13.8	01abr2021, 12:00	15.89
SubC_4	6.27	6.0	01abr2021, 12:00	12.86
UnionB	47.47	57.0	01abr2021, 12:20	19.55
TramoBC	47.47	51.6	01abr2021, 13:00	19.56
SubC_5	8.96	6.6	01abr2021, 12:00	11.93
Aforo (C)	56.43	55.5	01abr2021, 13:00	18.35

Figura 3.7. Caudal máximo para el tiempo de retorno de 50 años

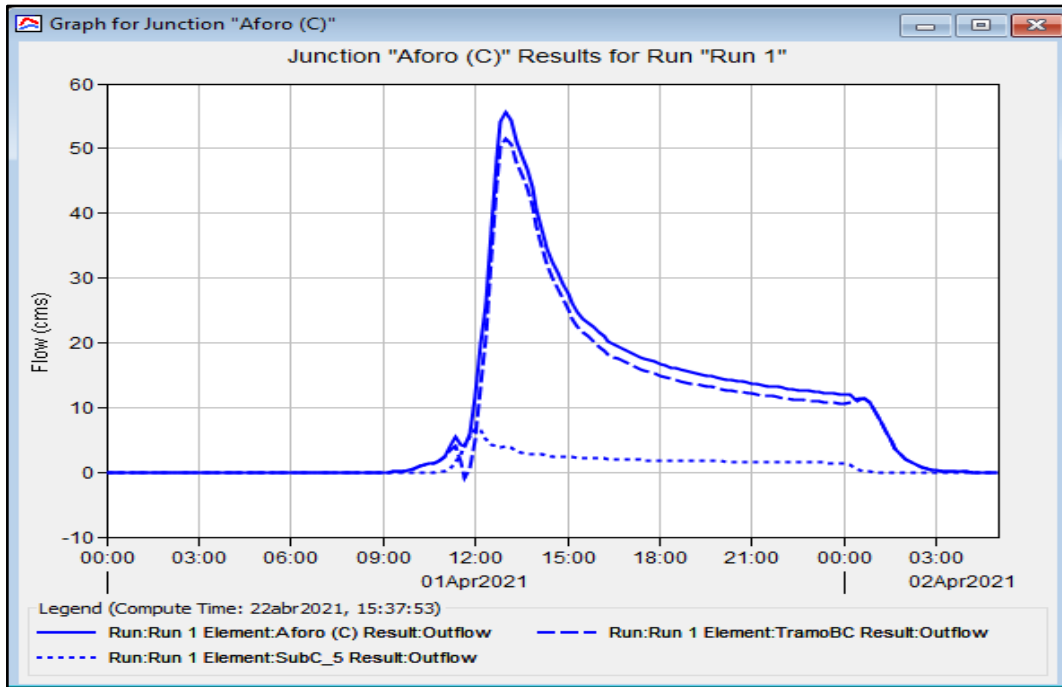


Figura 3.8. Hidrograma de salida para $Tr = 50$ años

4. Caudal para tiempo de retorno de 100 años.

De acuerdo con la Figura 3.8, la descarga máxima en el punto de medición es de $72,40 \text{ m}^3/\text{s}$, ocurriendo a las 13:00 horas después del inicio del evento.

Global Summary Results for Run "Run 1"

Project: Project 1 Simulation Run: Run 1

Start of Run: 01abr2021, 00:00 Basin Model: Cuenca_Huanta
 End of Run: 02abr2021, 05:00 Meteorologic Model: Met 1
 Compute Time: DATA CHANGED, RECOMPUTE Control Specifications: Control 1

Show Elements: Initial Selection Volume Units: MM 1000 M3 Sorting: Hydrologic

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
SubC_1	15.61	31.5	01abr2021, 12:00	27.44
SubC_2	13.54	29.7	01abr2021, 12:00	28.96
UnionA	29.15	61.2	01abr2021, 12:00	28.15
TramoAB	29.15	58.9	01abr2021, 12:30	28.15
SubC_3	12.05	18.4	01abr2021, 12:00	20.64
SubC_4	6.27	8.3	01abr2021, 12:00	17.11
UnionB	47.47	73.7	01abr2021, 12:20	24.79
TramoBC	47.47	67.1	01abr2021, 13:00	24.79
SubC_5	8.96	9.6	01abr2021, 12:00	16.02
Aforo (C)	56.43	72.4	01abr2021, 13:00	23.40

Figura 3.9. Caudal máximo para el tiempo de retorno de 100 años

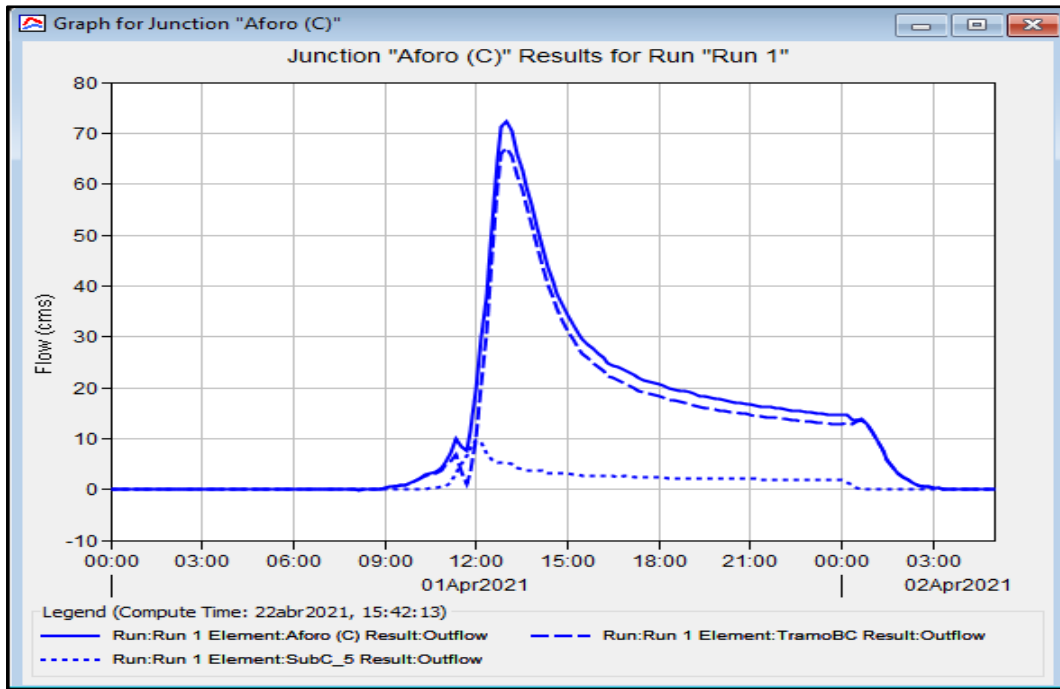


Figura 3.10. Hidrograma de salida para Tr = 100 años

f) Selección de los caudales máximos para el modelo Hec-RAS

Tabla 3.19. Caudales máximos para la modelación hidráulica

Tr años	Área pendiente	Regional creager	CAUDALES MÁXIMOS (m ³ /s)				Hec-HMS 4.3	Promedio
			Racional modificado	Curva número	Hidrograma U. triangular			
10	15.91	34.55	25.94	20.15	45.06	26.70	30.48	
25		48.30	38.50	33.10	65.70	41.50	45.42	
50		58.71	50.48	46.23	85.08	55.50	59.20	
100		69.11	65.10	62.82	108.32	72.40	75.55	

Según la Figura 3.11, por medio del análisis visual se eligió la media aritmética de los caudales obtenidos de los diferentes métodos, a excepción de la sección-pendiente que muestra un solo caudal para el tiempo de retorno de 10 años, además de la Tabla 3.19.

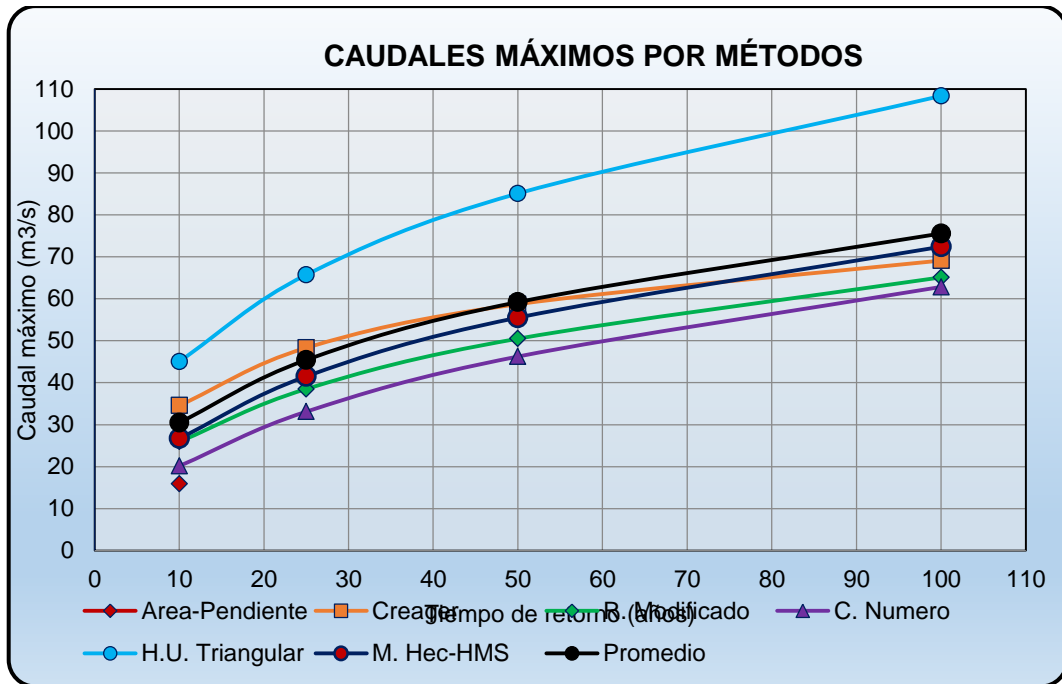


Figura 3.11. Avenidas máximas para los tiempos de retorno

3.1.3. Identificar los tirantes y las áreas en riesgo a inundación mediante la implementación del modelo HEC-RAS para tiempos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años, de las riberas del río Huanta, a un kilómetro aguas abajo del puente Huanta, sector Accoscca

a) Resultados de la modelación en el programa HEC-RAS

1. Tirantes normales en las secciones inundadas

En total se generó 90 secciones a nivel del tramo, en la figura 3.12, se puede observar las características de la sección de código 4182 y en la tabla 3.20, 3.21, 3.22 y 3.23 se muestran los tirantes y las características de la simulación.

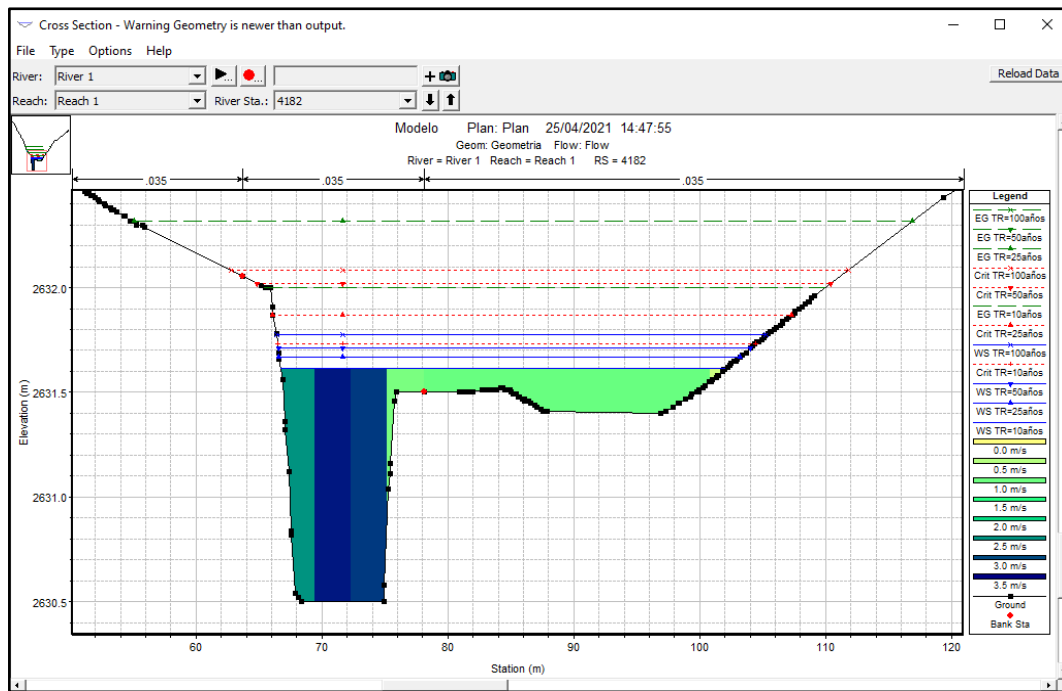


Figura 3.12. Tirantes hidráulicos en la Sección 4182

Tabla 3.20. Tirantes en las secciones inundadas para periodo de retorno 10 años

Características hidráulicas de la simulación para el Tr = 10 años								
Sección	Pendiente	Caudal	Tirante	Ancho del cauce	Espejo de agua	Velocidad	Área de Sección	Número de froude
	m/m	m ³ /s	m	m	m	m/s	m ²	Adim.
4510	0.054	30.48	0.58	11.30	22.79	6.23	5.94	3.23
4428	0.058	30.48	0.98	9.10	9.01	3.99	7.65	1.38
43.46	0.037	30.48	0.74	10.50	8.96	5.28	5.77	2.10
4264	0.020	30.48	0.80	11.00	9.58	4.27	7.14	1.58
4182	0.033	30.48	1.11	9.00	35.36	2.92	12.86	1.04
4100	0.027	30.48	1.00	10.00	22.70	3.96	8.42	1.41
4018	0.020	30.48	1.19	8.40	12.46	3.47	8.87	1.21
3936	0.020	30.48	1.21	8.00	17.83	3.41	9.40	1.18
3854	0.020	30.48	1.25	8.00	19.51	3.31	9.80	1.17
3772	0.040	30.48	1.09	9.30	8.53	3.70	8.24	1.20

Tabla 3.21. Tirantes en las secciones inundadas para tiempo de retorno 25 años

Características hidráulicas de la simulación para el Tr = 25 años								
Sección	Pendiente	Caudal	Tirante	Ancho del cauce	Espejo de agua	Velocidad	Área de Sección	Número de froude
	m/m	m ³ /s	m)	m	m	m/s	m ²	Adim.
4510	0.054	45.42	0.65	11.30	25.30	7.24	7.57	3.54
4428	0.058	45.42	1.26	9.10	36.80	4.10	12.56	1.44
43.46	0.037	45.42	1.02	10.50	9.27	5.46	8.31	1.84
4264	0.020	45.42	0.99	11.00	9.83	5.07	8.95	1.70
4182	0.033	45.42	1.17	9.00	36.58	3.85	14.81	1.34
4100	0.027	45.42	1.18	10.00	33.70	4.25	13.49	1.39
4018	0.020	45.42	1.45	8.40	34.70	3.66	14.87	1.13
3936	0.020	45.42	1.36	8.00	32.42	3.95	13.80	1.28
3854	0.020	45.42	1.45	8.00	30.31	3.60	14.87	1.18
3772	0.040	45.42	1.88	9.30	27.20	2.65	19.03	0.72

Tabla 3.22. Tirantes en las secciones inundadas para periodo de retorno de 50 años

Características hidráulicas de la simulación para el Tr = 50 años								
Sección	Pendiente	Caudal	Tirante	Ancho del cauce	Espejo de agua	Velocidad	Área de Sección	Número de froude
	m/m	m ³ /s	m	m	m	m/s	m ²	Adim.
4510	0.054	59.20	0.70	11.30	26.91	8.00	8.85	3.77
4428	0.058	59.20	1.34	9.10	42.77	4.58	15.79	1.54
43.46	0.037	59.20	1.27	10.50	16.31	5.54	10.94	1.68
4264	0.020	59.20	1.14	11.00	15.47	5.62	10.80	1.75
4182	0.033	59.20	1.21	9.00	37.51	4.57	16.43	1.55
4100	0.027	59.20	1.27	10.00	39.51	4.60	17.08	1.45
4018	0.020	59.20	1.58	8.40	39.89	3.86	19.68	1.13
3936	0.020	59.20	1.48	8.00	36.98	4.19	17.95	1.29
3854	0.020	59.20	2.00	8.00	64.62	1.99	39.83	0.56
3772	0.040	59.20	2.49	9.30	83.64	1.52	57.90	0.35

Tabla 3.23. Tirantes en las secciones inundadas para periodo de retorno de 100 años

Características hidráulicas de la simulación para el Tr = 100 años								
Sección	Pendiente	Caudal	Tirante	Ancho del cauce	Espejo de agua	Velocidad	Área de Sección	Número de froude
	m/m	m ³ /s	m	m	m	m/s	m ²	Adim.
4510	0.054	75.55	0.75	11.30	28.40	8.85	10.19	3.99
4428	0.058	75.55	1.41	9.10	46.86	5.13	18.79	1.66
43.46	0.037	75.55	1.45	10.50	26.84	5.75	14.98	1.65
4264	0.020	75.55	1.32	11.00	23.23	5.90	14.21	1.73
4182	0.033	75.55	1.28	9.00	38.89	5.13	18.81	1.69
4100	0.027	75.55	1.37	10.00	45.52	4.68	21.32	1.54
4018	0.020	75.55	1.75	8.40	48.35	3.75	27.20	1.05
3936	0.020	75.55	1.60	8.00	42.29	4.27	22.49	1.36
3854	0.020	75.55	2.50	8.00	94.11	1.36	79.07	0.33
3772	0.040	75.55	3.00	9.30	112.56	0.99	107.50	0.22

2. Áreas en riesgo a la inundación

Se presenta tabla de áreas en riesgo a inundación para los periodos en Análisis.

Tabla 3.24. Áreas en riesgo a la inundación

Áreas vulnerables a inundación margen derecha por periodos de retorno					
Sección	Longitud	Área Tr=10	Área Tr=25	Área Tr=50	Área Tr=100
	m	m ²	m ²	m ²	m ²
4592 a 4510	25	115.00	171.37	220.62	288.14
4510 a 4428	25	250.84	760.96	909.92	962.55
4428 a 4346	25	0.00	49.69	182.43	393.13
4346 a 4264	25	0.00	0.00	222.57	423.95
4264 a 4182	25	160.45	237.41	381.95	562.80
4182 a 4100	25	471.64	674.80	752.48	800.65
4100 a 4018	25	181.55	716.79	828.20	954.84
4018 a 3936	25	191.48	635.35	772.78	901.81
3936 a 3854	25	373.01	613.96	878.39	1193.55
3854 a 3772	25	55.66	613.13	1609.97	2324.28
3772 a 3690	25	0.00	83.94	757.49	1511.05
Total	275.00	1799.64	4557.39	7516.79	10316.76

3.2. DISCUSIONES

3.2.1. Parámetros de cuenca Huanta

- a) **Extensión de cuenca:** Representa una cuenca pequeña, ya que su extensión es menor a 250km² bajo la bibliografía.
- b) **Parámetros de forma:**
- Según el índice de capacidad calculada ($I_c=1.55$) que supera la unidad, la cuenca tiene la forma Oblonga, lo cual reduce la probabilidad de que la cuenca sea cubierta en su totalidad por una tormenta, lo que afecta la configuración del Hidrograma.
 - El factor de forma 0.19, indica que la cuenca no es circular y, por lo tanto, es menos probable que concentre la intensidad de la precipitación.
 - El factor de elongación es de 0.69, lo que indica que la cuenca presenta fuertes ondulaciones y fuertes pendientes del terreno.

c) Parámetros de relieve

- La pendiente de la cuenca es de 12.44%, lo que indica una pendiente moderada a accidentado según la Tabla 1.1. Los estudios de pendiente son importantes en los estudios de cuencas hidrográficas. Esto se debe a que, además de controlar el tiempo de escorrentía y la concentración de lluvia e influir directamente en las avenidas, existen relaciones complejas entre la infiltración, la escorrentía y la humedad del suelo.
- La visualización de la curva hipsométrica es importante para examinar el equilibrio de la cuenca. También es importante determinar las etapas de vejez, madurez o juventud. En la figura 3.1 se muestra que la cuenca se ubica en estado maduro con un equilibrio aceptable, por que no existe cambios bruscos en la curva.

d) Parámetros de la red hídrica

- La pendiente del cauce principal es accidentado medio al 9.97%. Esto está relacionado con las características de la escorrentía, la velocidad de propagación y la capacidad de sedimentación.
- El curso principal presenta una Magnitud de 14.99 km y es un cauce intermitente, ya que el recuso hídrico se ausenta en tiempos de sequía.
- La densidad de drenaje es de 0.54 km/km². Esto indica un flujo fluvial, respuesta hidrológica lenta, vegetación extensa, litología dura y resistencia a la erosión, y alta permeabilidad.

3.2.2. Caudales máximos para los distintos tiempos de retorno

- Al realizar el análisis de los datos dudosos no se encontraron datos fuera del umbral máximo ni mínimo, por lo tanto, no fue necesario realizar las correcciones.
- El caudal determinado por criterio Sección-pendiente fue muy bajo con respecto a los demás métodos, debido a que fue un caudal para el tiempo de retorno menor de 10 años por declaración de los habitantes de tercera edad de la zona, por ende no se tomaron en cuenta en el promedio aritmético, además de que la huella hídrica en campo no fue tan notorio.
- El NC para la cuenca fue de 78, lo cual quiere decir, que el suelo presenta mayor condición de impermeabilidad, el NC no será permanente, por que depende de la cobertura vegetal.

3.2.3. Características de las secciones con respecto a los caudales de simulación hidrológica

- De acuerdo a las tablas 3.20, 3.21, 3.22 y 3.23 y las figuras de las secciones en el anexo (B) se observa que los espejos de agua son mayores cuando la profundidad, pendiente y el ancho del cauce son menores, por ende, la avenida máxima rebasa la profundidad del cauce y se da la inundación.
- Los tirantes hidráulicos se incrementan para cada uno de los eventos de avenidas máximas mostrados en las tablas 3.20, 3.21, 3.22 y 3.23. Las secciones que fueron inundadas se presenta desde la sección 4510 a la sección 3772 que se encuentra a 1375 m del punto de aforo.
- El régimen de flujo es supercrítico, ya que el número de Froude es mayor a la unidad casi en todas las secciones, a mayor velocidad de corriente mayor es el número de Froude.

3.2.4. Identificación de áreas en riesgo a inundación

- En los planos PAI se puede observar las áreas en riesgo a la Inundación desde la sección 4592 a la sección 3690, que se encuentra en una zona urbana muy cercana a la loza deportiva de Accoscca.
- De acuerdo a la tabla 3.24, las áreas más expuestas al peligro de inundación se encuentran en la margen derecha a 1375 m del punto de aforo, la inundación sucede debido a que la pendiente en este tramo tiende a ser plano y la profundidad del cauce es bajo, por ende, el drenaje es mínimo.

CONCLUSIONES

1. Usando el software ArcGIS, se pudo determinar los parámetros geomorfológicos de la cuenca de Huanta como el área de 56.43 km^2 , que es una cuenca pequeña con una longitud de canal principal de 14.99 km y una pendiente de 12.44% , índice de compacidad 1.55 (forma oblonga) y tiempo de retorno de 1.72 horas.
2. Las descargas máximas de la cuenca Huanta podrían definirse en $30,48 \text{ m}^3/\text{s}$, $45,42 \text{ m}^3/\text{s}$, $59,20 \text{ m}^3/\text{s}$ y $75,55 \text{ m}^3/\text{s}$. Estas últimas son la media aritmética de los métodos utilizados para períodos de retorno fueron de 10 , 25 , 50 y 100 años. Los datos de precipitación máxima de 24 horas seleccionados para la cuenca se ajustan a la distribución teórica al nivel del 5% , pero el mejor ajuste fue Log Gumbel.
3. Se identificaron las áreas vulnerables (riesgo) a la inundación que son: 0.18 , 0.46 , 0.75 y 1.03 hectáreas para los períodos de retorno de 10 , 25 , 50 y 100 años, situado en zona urbana. Esto ocurre desde el tramo 4592 hasta el tramo 3690 , ya que el caudal supera la altura del cauce. Recomendamos el software Hec-RAS para el modelado hidráulico.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a los gobiernos locales que, realicen la identificación las zonas inundadas luego de los eventos de las avenidas máximas, de esa manera contar con datos reales que faciliten el diseño de futuras obras de protección contra la inundación, además de exponer las normativas de la franja marginal.
2. Es muy necesario hacer un buen trabajo topográfico del curso del río, y así ver las secciones más realistas y obtener resultados más confiables con el Hec-RAS.
3. Para evitar futuras inundaciones en estas secciones críticas, construya estructuras defensivas a orillas del río con un período de retorno de 50 años con un caudal de diseño de $59,20 \text{ m}^3/\text{s}$ y diseñe las estructuras tomando en cuenta los tirantes máximos, estabilidad de taludes y socavación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aparicio, M. F. (1992). Fundamentos de Hidrología de Superficie. Editorial Limusa. México.
- Cahuana, A. A., Yugar, M. W.(2009). Material de apoyo didáctico para la enseñanza a aprendizaje de la asignatura de Hidrología. Facultad de Ciencias y Tecnología, Ingeniería Civil, Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba-Bolivia.
- Chow, V. T, Maidment, D. R. y Mays, L. R. (1994). Hidrología aplicada. Editorial McGraw-Hill Interamericana S.A. Santafé Bogotá- Colombia.
- Chow, V. T. (1994). Hidráulica de Canales Abiertos. McGraw-Hill Interamericana S.A. Santafé de Bogotá - Colombia.
- Díaz, A. G. S. (2019). Modelamiento Hidrológico e hidráulico del río san Ramón para el diseño del puente evitamiento, provincia de Satipo, Junín. (Tesis para optar el título de Ingeniero Agrícola). Universidad nacional agraria, la Molina, Lima.
- Duque, S. P., Patiño, D. M., & López, X. E. (2019). Evaluación del Sistema de Modelamiento Hidrológico HEC-HMS para la Simulación Hidrológica de una Microcuenca andina tropical.
https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642019000600351&lang=en.
- Gonzales, F. H. (2014). Análisis de riesgo por inundaciones en la cuenca del río Yucaes sector Muyurina, Ayacucho. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Agrícola. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho.
- HEC-RAS, (2010). “HEC-RAS v 4.1 Hydraulic Reference Manual”. River Analysis System.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones del Perú. (2012). “Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje” Ministerio de Transporte y Comunicaciones del Perú, Lima, Perú.
- Naranjo, B. (2011). Estimación de caudales máximos en cuenca sin información. XVIII Congreso Nacional de Ingeniería Civil.
<https://es.slideshare.net/mgarcianaranjo/estimacin-de-caudales-mximos>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú –SENAMHI “Datos históricos de precipitación máxima en 24 horas.” (consultado el noviembre del 2020).

- Vásquez, V. A., Mejía, M. A., Faustino, M. J., Terán A. R., & Vásquez, R. I., (2016). Manejo y gestión de cuencas hidrográficas. Editorial UNALM (1ra ED). Lima-Perú.
- Villón B. M. (2002). Hidrología. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de ingeniería Agrícola. Cartago. Costa Rica.
- Villón, B. M. (2005). Hidrología estadística. Editorial Villón, Lima-Perú.

ANEXOS

- **Anexo A**
 - Tabla A.1 Estaciones meteorológicas para la tesis.
 - Tabla A.2 Datos de precipitación máxima de 24 horas de la estación Huanta
 - Tabla A.3 Datos de precipitación máxima de 24 horas de la estación Quinua
 - Tabla A.4. Selección de precipitación máxima de 24 horas para la cuenca
 - Tabla A.5. Análisis de datos Dudosos (Outlier)
 - Tabla (A.6-A.10) análisis estadístico de precipitaciones seleccionadas
 - Tabla A.11. Precipitación máxima 24 horas Log Gumbel
 - Tabla A.12. Precipitaciones máximas en 24hr generadas de acuerdo a los tiempos de retorno
 - Tabla A.13. Precipitación máxima para diferentes tiempos
 - Tabla A.14. Intensidades de lluvia a partir de Pd, según duración de precipitación y frecuencia de la misma
 - Tabla A.15. Determinación del número de curva (CN)
 - Tabla (A.16-A.19) Características hidráulicas del Hec-RAS.
- **Anexo B**
 - Figura B.1 Histograma de la estación Huanta
 - Figura B.2 Histograma de la estación Quinua
 - Figura B.3 Histograma de la estación para la cuenca
 - Figura B.4 Regresión múltiple para obtener K, m y n
 - Figura B.5 Curvas I-D-F
 - Figura B.6 Hietogramas de diseño.
 - Figura (B.7-B.10) Histogramas de salidas de las Subcuencas, por Hec-HMS
 - Figura (B.11-B.28) Simulación hidráulica en el programa Hec-RAS para periodos de retorno 10, 25, 50 y 100 años.
- **Anexo C**
 - Panel fotográfico
 - Plano de ubicación de la cuenca (PU-01)
 - Plano de parámetros geomorfológicos de la cuenca (PPG-1)
 - Plano de pendientes de la cuenca (PS-01)
 - Plano de subcuencas para Hec-HMS (PSC-01)
 - Plano de cobertura vegetal de suelo(PCV-01)
 - Plano de áreas en riesgo a la inundación (PAI).

ANEXO A

Tabla A.1. ESTACIONES METEOROLOGICAS UTILIZADAS EN EL ESTUDIO									
ESTACIONES	PROPIETARIO	COORDENADAS GEOGRAFICAS		ALTITUD m.s.n.m.	UBICACIÓN			PERIODO DE REGISTRO	AÑOS DE DATOS
		LATITUD SUR	LONGITUD OESTE		DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO		
1.0 HUANTA	SENAMHI	12° 56' 45.5"	74° 14' 44.4"	2485.00	AYACUCHO	HUANTA	LURICOCHA	1992-2017	26.00
2.0 QUINUA	SENAMHI	12°51'21"	72°41'30"	3215.00		HUAMANGA	QUINUA	1992-2017	26.00

Tabla A.2. REGISTRO DE PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)														
ESTACION		: HUANTA			DISTRITO			: LURICOCHA			ALTITUD		2485.00	
CODIGO		: 112068			PROVINCIA			: HUANTA			LATITUD		12° 56' 45.5" S	
AÑO		: 1991-2017			REGION			: AYACUCHO			LONGITUD		74° 14' 44.4" W	
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Ppmax	
1992	26.50	19.70	25.30	15.60	22.00	6.30	13.40	9.10	12.70	10.30	15.10	21.00	26.50	
1993	30.00	31.70	24.50	27.70	22.00	6.30	9.30	8.70	11.40	11.70	20.70	19.10	31.70	
1994	29.60	31.70	22.50	27.70	11.90	5.20	9.30	8.40	13.60	10.60	25.40	20.10	31.70	
1995	27.70	51.60	22.90	20.70	17.60	4.80	10.40	8.10	10.80	11.30	26.70	20.20	51.60	
1996	26.40	29.50	25.80	26.20	17.30	4.70	7.20	9.90	12.80	14.90	19.20	21.50	29.50	
1997	30.60	38.70	21.30	27.70	26.50	3.20	5.20	10.00	9.20	12.30	23.80	19.50	38.70	
1998	35.40	39.70	21.80	34.30	8.60	7.80	5.20	9.30	10.10	12.80	30.20	17.40	39.70	
1999	28.80	39.70	24.40	42.60	22.00	6.30	13.40	8.90	3.90	10.80	15.10	21.20	42.60	
2000	30.80	33.00	23.00	17.50	35.30	5.80	12.00	8.80	11.20	12.70	18.80	20.70	35.30	
2001	21.00	22.00	24.00	18.70	15.20	26.00	12.00	11.70	10.00	5.50	12.10	11.40	26.00	
2002	8.20	19.80	20.00	8.90	5.20	1.40	13.10	7.80	8.20	10.80	22.70	22.70	22.70	
2003	21.10	26.10	29.10	12.10	4.00	2.10	0.00	7.80	8.00	7.80	10.10	32.50	32.50	
2004	11.00	25.20	15.60	3.10	4.90	4.00	10.10	9.00	14.10	7.00	8.40	16.00	25.20	
2005	17.10	25.10	55.10	8.00	5.10	0.00	4.00	0.00	1.10	10.10	13.10	16.10	55.10	
2006	28.10	16.30	9.20	20.20	0.00	5.00	0.00	2.00	7.00	8.20	10.00	11.20	28.10	
2007	18.40	16.00	24.70	4.00	4.10	0.00	4.00	1.00	2.00	25.00	11.10	18.00	25.00	
2008	15.90	20.60	4.60	1.90	9.70	4.50	0.00	0.00	2.80	6.40	9.60	10.90	20.60	
2009	21.50	18.50	30.10	16.80	14.10	1.10	4.60	2.80	3.50	6.70	4.60	9.60	30.10	
2010	21.80	12.60	14.80	9.60	0.00	0.00	0.00	2.60	3.40	10.60	10.00	22.00	22.00	
2011	22.60	20.40	9.10	8.70	3.00	0.20	0.80	0.20	6.50	8.20	12.70	17.10	22.60	
2012	12.20	21.60	10.40	7.60	3.80	3.90	3.50	3.80	17.80	9.40	7.80	15.40	21.60	
2013	17.80	19.00	13.80	20.90	0.80	1.60	0.90	28.60	2.40	21.80	21.20	19.20	28.60	
2014	16.80	19.30	6.70	5.90	8.50	0.00	1.60	0.00	5.20	18.40	9.30	21.90	21.90	
2015	27.00	25.10	22.30	17.70	7.40	S/D	S/D	32.20	1.90	13.40	17.80	S/D	32.20	
2016	14.80	32.60	S/D	17.40	1.20	0.00	11.70	0.00	9.80	9.60	7.20	9.40	32.60	
2017	16.80	24.50	15.80	S/D	S/D	S/D	0.00	6.90	6.20	15.90	18.30	15.30	24.50	
MEDIA	22.23	26.15	20.67	16.86	10.81	4.18	6.07	7.60	7.91	11.62	15.42	17.98		

Fuente: SENAMHI

Tabla A.3. REGISTRO DE PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)

Tabla A.3. REGISTRO DE PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)														
ESTACION	: QUINUA			DISTRITO	: QUINUA			ALTITUD	: 3215.00					
CODIGO	: 113021			PROVINCIA	: HUAMANGA			LATITUD	: 13°3'19.7" S					
AÑO	: 1990-2019			REGION	: AYACUCHO			LONGITUD	: 74°8'29.7" W					
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Pmax	
1992	14.90	12.00	15.80	13.70	0.00	6.60	8.20	14.60	4.90	15.50	15.10	16.20	16.20	
1993	17.00	37.30	14.70	10.50	6.80	7.20	9.20	9.10	17.60	19.50	10.70	18.20	37.30	
1994	13.50	16.70	20.00	27.20	2.90	5.80	0.00	12.60	8.90	9.30	12.50	36.70	36.70	
1995	35.20	14.00	27.90	5.80	18.80	1.30	1.20	1.00	6.50	18.60	28.60	21.80	35.20	
1996	27.40	15.90	29.70	17.00	1.60	0.00	0.50	8.70	8.20	9.00	12.60	16.10	29.70	
1997	29.20	24.50	37.80	12.70	3.90	0.00	4.00	10.00	16.10	4.00	12.30	26.10	37.80	
1998	22.30	38.30	43.60	5.50	6.20	2.70	0.00	2.50	4.50	41.30	15.50	9.60	43.60	
1999	22.60	24.00	23.70	6.20	0.50	3.50	6.40	0.00	28.40	11.20	24.20	22.40	28.40	
2000	26.70	26.50	23.50	7.40	17.00	7.00	13.40	2.50	5.50	8.30	3.60	18.70	26.70	
2001	19.50	21.20	28.50	12.00	16.00	1.80	18.00	6.70	21.30	28.70	19.90	18.50	28.70	
2002	18.30	20.80	22.00	7.30	13.40	1.40	21.90	8.80	20.10	17.60	S/D	27.00	27.00	
2003	7.00	32.40	25.80	31.50	9.50	2.60	0.30	14.30	10.80	1.00	10.80	27.40	32.40	
2004	10.80	23.00	17.90	3.60	5.90	5.20	11.70	8.70	14.30	9.00	12.80	20.30	23.00	
2005	9.70	28.20	S/D	21.70	10.70	0.60	6.40	0.60	9.00	12.10	21.80	31.00	31.00	
2006	20.70	17.90	21.10	14.50	1.20	2.40	0.00	5.30	3.10	S/D	14.00	12.80	21.10	
2007	17.80	23.40	33.20	28.20	5.50	0.00	7.70	1.30	13.00	16.20	14.50	21.00	33.20	
2008	23.00	24.60	16.80	11.00	16.40	6.40	4.80	0.70	20.00	17.80	18.10	20.00	24.60	
2009	27.60	46.80	7.80	14.90	9.00	0.40	2.00	4.40	9.20	8.40	21.40	14.20	46.80	
2010	18.10	25.30	18.70	8.10	3.90	0.00	6.60	7.40	7.50	21.80	10.00	28.50	28.50	
2011	19.30	18.60	32.10	23.00	9.90	4.20	3.10	2.10	23.60	13.40	16.60	14.00	32.10	
2012	21.20	28.70	22.00	8.70	8.90	9.60	17.10	10.60	18.70	18.50	15.50	28.80	28.80	
2013	23.00	20.00	17.00	7.10	11.40	4.40	3.70	25.20	14.30	37.90	33.90	24.30	37.90	
2014	22.00	31.20	29.70	9.80	5.10	0.00	11.40	1.80	14.10	16.80	12.10	20.50	31.20	
2015	22.30	15.40	20.70	7.60	9.50	0.6	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	22.30	
2016	32.00	21.20	23.0	11.70	18.60	0.40	7.80	3.40	22.70	19.30	9.90	20.80	32.00	
2017	16.50	25.30	31.70	17.8	12.9	0.3	3.90	9.00	27.00	13.30	11.00	24.80	31.70	
MEDIA	20.68	24.35	24.19	13.25	8.67	2.86	6.77	6.85	13.97	16.19	15.73	21.59		

Fuente: SENAMHI

**Tabla A.4. PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE 24 HORAS
PARA LA CUENCA (mm)**

Año	Est. Huanta	Est. Quinua	Pmax24	Log(P24hr)
1992	26.50	16.20	26.50	1.42
1993	31.70	37.30	37.30	1.57
1994	31.70	36.70	36.70	1.56
1995	51.60	35.20	51.60	1.71
1996	29.50	29.70	29.70	1.47
1997	38.70	37.80	38.70	1.59
1998	39.70	43.60	43.60	1.64
1999	42.60	28.40	42.60	1.63
2000	35.30	26.70	35.30	1.55
2001	26.00	28.70	28.70	1.46
2002	22.70	27.00	27.00	1.43
2003	32.50	32.40	32.50	1.51
2004	25.20	23.00	25.20	1.40
2005	55.10	31.00	55.10	1.74
2006	28.10	21.10	28.10	1.45
2007	25.00	33.20	33.20	1.52
2008	20.60	24.60	24.60	1.39
2009	30.10	46.80	46.80	1.67
2010	22.00	28.50	28.50	1.45
2011	22.60	32.10	32.10	1.51
2012	21.60	28.80	28.80	1.46
2013	28.60	37.90	37.90	1.58
2014	21.90	31.20	31.20	1.49
2015	32.20	22.30	32.20	1.51
2016	32.60	32.00	32.60	1.51
2017	24.50	31.70	31.70	1.50

Tabla A.5. ANALISIS DE DATOS DUDOSOS (OUTLIER)		
PARÁMETROS ESTADISTICOS	P24hr	Log(P24hr)
Número de datos (N)	26.00	26.00
Sumatoria	898.20	39.74
Valor Máximo	55.10	1.74
Valor Mínimo	24.60	1.39
Media:	34.55	1.528
Varianza:	62.76	0.009
Desviación Estándar:	7.92	0.093
Coefficiente Variación:	0.23	0.061
Coefficiente de Sesgo:	1.14	0.7072
Se Considera:	Detectar Datos Dudosos Altos	
<p>n= 26.00 Kn= 2.502</p> <p>Kn: Valor recomendado, varia según el valor de n (significancia:10%)</p>		
<p>Umbral de datos dudosos altos (xH: unidad. Logaritmicas)</p> $x_H = \bar{x} + k_n \cdot s \quad xH= \quad 1.76$ <p>Precipitacion maxima aceptaba</p> $PH= 10^{xH} \quad PH= \quad 57.60 \text{ mm}$ <p>NO EXISTEN DATOS DUDOSOS ALTO DE LA MUESTRA</p>		
<p>Umbral de datos dudosos bajos (xL: unidad. Logaritmicas)</p> $x_L = \bar{x} - k_n \cdot s \quad xL= \quad 1.30$ <p>Precipitacion minima aceptaba</p> $PH= 10^{xH} \quad PL= \quad 19.79 \text{ mm}$ <p>NO EXISTEN DATOS DUDOSOS MINIMO DE LA MUESTRA</p>		

Tabla A.6. DISTRIBUCION NORMAL					
m	X (mm)	P(X)=m/(n+1)	Z=(X-μ)/S	F(Z) ordinario	IF(Z)-P(X)I ord.
1	24.60	0.0370	-1.2555	0.1046	0.0676
2	25.20	0.0741	-1.1798	0.1190	0.0449
3	26.50	0.1111	-1.0157	0.1549	0.0438
4	27.00	0.1481	-0.9526	0.1704	0.0223
5	28.10	0.1852	-0.8137	0.2079	0.0227
6	28.50	0.2222	-0.7632	0.2227	0.0005
7	28.70	0.2593	-0.7380	0.2303	0.0290
8	28.80	0.2963	-0.7254	0.2341	0.0622
9	29.70	0.3333	-0.6117	0.2704	0.0629
10	31.20	0.3704	-0.4224	0.3364	0.0340
11	31.70	0.4074	-0.3593	0.3597	0.0477
12	32.10	0.4444	-0.3088	0.3787	0.0657
13	32.20	0.4815	-0.2962	0.3836	0.0979
14	32.50	0.5185	-0.2583	0.3981	0.1204
15	32.60	0.5556	-0.2457	0.4030	0.1526
16	33.20	0.5926	-0.1699	0.4325	0.1601
17	35.30	0.6296	0.0952	0.5379	0.0917
18	36.70	0.6667	0.2719	0.6071	0.0596
19	37.30	0.7037	0.3476	0.6359	0.0678
20	37.90	0.7407	0.4234	0.6640	0.0767
21	38.70	0.7778	0.5244	0.7000	0.0778
22	42.60	0.8148	1.0167	0.8453	0.0305
23	43.60	0.8519	1.1429	0.8735	0.0216
24	46.80	0.8889	1.5468	0.9390	0.0501
25	51.60	0.9259	2.1528	0.9843	0.0584
26	55.10	0.9630	2.5946	0.9953	0.0323
Parametros estadisticos				Δmax	0.1601
n	26.00				
Media	34.55				
Desv. Estand.	7.9219				
Coef. Asim.	1.1365				
<p>Decisión: Si: Δmax < Δtab. → los datos se ajustan, al nivel de significacion Si: Δmax ≥ Δtab. → los datos no se ajustan, al nivel de significacion</p>					
Δmax	0.1601	<	Δtab.	0.6670	Tabla 2
Conclusion:	Los datos se ajustan a la distribucion Normal con un nivel de significacion de 5%				

$$f(x) = \frac{1}{S\sqrt{2\pi}} * e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{X-\mu}{S}\right)^2}$$

Tabla A.7. DISTRIBUCION LOG NORMAL DE 2 PARAMETROS						
m	X	Y=ln(X)	P(X)=m/(n+1)	Z=(x-μ)/S	F(Z) ordinario	IF(Z)-P(X)I ord.
1	24.60	3.20	0.0370	-1.4831	0.0690	0.0320
2	25.20	3.23	0.0741	-1.3702	0.0853	0.0112
3	26.50	3.28	0.1111	-1.1346	0.1283	0.0172
4	27.00	3.30	0.1481	-1.0471	0.1475	0.0006
5	28.10	3.34	0.1852	-0.8600	0.1949	0.0097
6	28.50	3.35	0.2222	-0.7938	0.2136	0.0086
7	28.70	3.36	0.2593	-0.7611	0.2233	0.0360
8	28.80	3.36	0.2963	-0.7448	0.2282	0.0681
9	29.70	3.39	0.3333	-0.6007	0.2740	0.0593
10	31.20	3.44	0.3704	-0.3699	0.3557	0.0146
11	31.70	3.46	0.4074	-0.2954	0.3838	0.0236
12	32.10	3.47	0.4444	-0.2367	0.4064	0.0380
13	32.20	3.47	0.4815	-0.2221	0.4121	0.0694
14	32.50	3.48	0.5185	-0.1787	0.4291	0.0894
15	32.60	3.48	0.5556	-0.1643	0.4347	0.1208
16	33.20	3.50	0.5926	-0.0789	0.4686	0.1240
17	35.30	3.56	0.6296	0.2084	0.5825	0.0471
18	36.70	3.60	0.6667	0.3905	0.6519	0.0147
19	37.30	3.62	0.7037	0.4665	0.6796	0.0241
20	37.90	3.63	0.7407	0.5412	0.7058	0.0349
21	38.70	3.66	0.7778	0.6391	0.7386	0.0392
22	42.60	3.75	0.8148	1.0888	0.8619	0.0471
23	43.60	3.78	0.8519	1.1974	0.8844	0.0326
24	46.80	3.85	0.8889	1.5292	0.9369	0.0480
25	51.60	3.94	0.9259	1.9865	0.9765	0.0506
26	55.10	4.01	0.9630	2.2938	0.9891	0.0261
Parametros estadisticos					Δmax	0.1240
n	26.00					
Media	3.52					
Desv. Estand.	0.2135					
Coef. Asim.	0.7072					
$f_{(x \leq x_i)} = \frac{1}{S\sqrt{2\pi}} * \int_{-\infty}^{x_i} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-X}{S}\right)^2}$						
Decisión:						
Si: Δmax < Δtab. → los datos se ajustan, al nivel de significacion						
Si: Δmax ≥ Δtab. → los datos no se ajustan, al nivel de significacion						
Δmax	0.1240	<	Δtab.	2.6670	Tabla 2	
Conclusion:	Los datos se ajustan a la distribucion Log Normal con un nivel de significacion de 5%					

Tabla A.8. DISTRIBUCION LOG PEARSON TIPO III					
m	X	Y=log(x)	P(X)=m/(n+1)	F(z) Ordinario	IF(Z)-P(X)I ord.
1	24.60	1.3909	0.0370	0.0404	0.0034
2	25.20	1.4014	0.0741	0.0589	0.0152
3	26.50	1.4232	0.1111	0.1125	0.0014
4	27.00	1.4314	0.1481	0.1374	0.0107
5	28.10	1.4487	0.1852	0.1989	0.0137
6	28.50	1.4548	0.2222	0.2230	0.0008
7	28.70	1.4579	0.2593	0.2353	0.0240
8	28.80	1.4594	0.2963	0.2415	0.0548
9	29.70	1.4728	0.3333	0.2984	0.0349
10	31.20	1.4942	0.3704	0.3944	0.0240
11	31.70	1.5011	0.4074	0.4258	0.0184
12	32.10	1.5065	0.4444	0.4504	0.0060
13	32.20	1.5079	0.4815	0.4565	0.0250
14	32.50	1.5119	0.5185	0.4746	0.0439
15	32.60	1.5132	0.5556	0.4805	0.0751
16	33.20	1.5211	0.5926	0.5155	0.0771
17	35.30	1.5478	0.6296	0.6259	0.0037
18	36.70	1.5647	0.6667	0.6882	0.0215
19	37.30	1.5717	0.7037	0.7122	0.0085
20	37.90	1.5786	0.7407	0.7345	0.0062
21	38.70	1.5877	0.7778	0.7619	0.0159
22	42.60	1.6294	0.8148	0.8619	0.0471
23	43.60	1.6395	0.8519	0.8801	0.0282
24	46.80	1.6702	0.8889	0.9238	0.0349
25	51.60	1.7126	0.9259	0.9611	0.0352
26	55.10	1.7412	0.9630	0.9759	0.0129
Parametros estadísticos				Δmax	0.0771
n	26.00		$f(x) = \frac{(\ln x - x_0)^{y-1} * e^{-\left(\frac{\ln x - x_0}{\beta}\right)}}{x \beta^y \Gamma(y)}$		
Media	1.53				
Desv. Estand.	0.0927				
Coef. Asim.	0.7072				

Decisión:

Si: $\Delta_{max} < \Delta_{tab}$. → los datos se ajustan, al nivel de significacion

Si: $\Delta_{max} \geq \Delta_{tab}$. → los datos no se ajustan, al nivel de significacion

Δ_{max}	0.0771	<	Δ_{tab} .	2.6670	Tabla 2
----------------	--------	---	------------------	--------	---------

Conclusion:

Los datos se ajustan a la distribucion Log Pearson Tipo III con un nivel de significacion de 5%

Tabla A.9. DISTRIBUCION GUMBEL							
m	X	P(X)	y	a	f(x)	If(x)-P(X)I	
1	24.60	0.0370	-1.0331	2.8099	0.0602	0.0232	
2	25.20	0.0741	-0.9360	2.5497	0.0781	0.0040	
3	26.50	0.1111	-0.7255	2.0658	0.1267	0.0156	
4	27.00	0.1481	-0.6446	1.9052	0.1488	0.0006	
5	28.10	0.1852	-0.4665	1.5944	0.2030	0.0178	
6	28.50	0.2222	-0.4017	1.4944	0.2244	0.0022	
7	28.70	0.2593	-0.3693	1.4468	0.2353	0.0239	
8	28.80	0.2963	-0.3532	1.4235	0.2409	0.0554	
9	29.70	0.3333	-0.2074	1.2305	0.2921	0.0412	
10	31.20	0.3704	0.0354	0.9652	0.3809	0.0105	
11	31.70	0.4074	0.1164	0.8902	0.4106	0.0032	
12	32.10	0.4444	0.1811	0.8343	0.4342	0.0103	
13	32.20	0.4815	0.1973	0.8209	0.4400	0.0415	
14	32.50	0.5185	0.2459	0.7820	0.4575	0.0610	
15	32.60	0.5556	0.2621	0.7695	0.4633	0.0923	
16	33.20	0.5926	0.3592	0.6982	0.4975	0.0951	
17	35.30	0.6296	0.6992	0.4970	0.6084	0.0213	
18	36.70	0.6667	0.9259	0.3962	0.6729	0.0062	
19	37.30	0.7037	1.0230	0.3595	0.6980	0.0057	
20	37.90	0.7407	1.1201	0.3262	0.7216	0.0191	
21	38.70	0.7778	1.2497	0.2866	0.7508	0.0270	
22	42.60	0.8148	1.8811	0.1524	0.8586	0.0438	
23	43.60	0.8519	2.0430	0.1296	0.8784	0.0266	
24	46.80	0.8889	2.5610	0.0772	0.9257	0.0368	
25	51.60	0.9259	3.3382	0.0355	0.9651	0.0392	
26	55.10	0.9630	3.9048	0.0201	0.9801	0.0171	
Parametros estadisticos					Δmax	0.0951	
n	26.00	$F(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}}$		$a_i = e^{-y_i} \quad f(x) = e^{-a_i}$			
Media	34.55						
Desv. Estand.	7.92	$\alpha = \frac{\pi}{\sqrt{6} * S_x}$		$\beta = \bar{X} - 0.45 S_x$		$y_i = \alpha(x_i - \beta)$	
α	0.1619						
β	30.98						
Coef. Asim.	1.14						

Decisión:

Si: Δmax < Δtab. → los datos se ajustan, al nivel de significacion

Si: Δmax ≥ Δtab. → los datos no se ajustan, al nivel de significacion

Δmax	0.0951	<	Δtab.	0.2667	Tabla 2
------	--------	---	-------	--------	---------

Conclusion: Los datos se ajustan a la distribucion Gumbel con un nivel de significacion de 5%

Tabla A.10. DISTRIBUCION LOG GUMBEL						
m	X	P(X)	Ln(X)	y	G(y)	If(x)-P(X)I
1	24.60	0.0370	3.2027	-1.3249	0.0232	0.0138
2	25.20	0.0741	3.2268	-1.1801	0.0386	0.0355
3	26.50	0.1111	3.2771	-0.8780	0.0902	0.0209
4	27.00	0.1481	3.2958	-0.7657	0.1164	0.0317
5	28.10	0.1852	3.3358	-0.5258	0.1842	0.0010
6	28.50	0.2222	3.3499	-0.4409	0.2114	0.0108
7	28.70	0.2593	3.3569	-0.3989	0.2253	0.0339
8	28.80	0.2963	3.3604	-0.3780	0.2324	0.0639
9	29.70	0.3333	3.3911	-0.1932	0.2973	0.0361
10	31.20	0.3704	3.4404	0.1028	0.4056	0.0353
11	31.70	0.4074	3.4563	0.1983	0.4404	0.0330
12	32.10	0.4444	3.4689	0.2736	0.4674	0.0229
13	32.20	0.4815	3.4720	0.2923	0.4740	0.0075
14	32.50	0.5185	3.4812	0.3480	0.4936	0.0249
15	32.60	0.5556	3.4843	0.3665	0.5000	0.0556
16	33.20	0.5926	3.5025	0.4760	0.5373	0.0553
17	35.30	0.6296	3.5639	0.8445	0.6506	0.0210
18	36.70	0.6667	3.6028	1.0781	0.7116	0.0449
19	37.30	0.7037	3.6190	1.1755	0.7344	0.0307
20	37.90	0.7407	3.6350	1.2714	0.7554	0.0147
21	38.70	0.7778	3.6558	1.3968	0.7808	0.0031
22	42.60	0.8148	3.7519	1.9736	0.8703	0.0555
23	43.60	0.8519	3.7751	2.1130	0.8861	0.0343
24	46.80	0.8889	3.8459	2.5384	0.9240	0.0352
25	51.60	0.9259	3.9435	3.1250	0.9570	0.0311
26	55.10	0.9630	4.0091	3.5192	0.9708	0.0078

$$G(y) = e^{-e^{-y}}$$

Parametros estadisticos	
n	26.00
Media	3.52
Desv. Estand.	0.21
α	0.1665
μ	3.4233
Coef. Asim.	0.71

$$\Delta_{max} = 0.0639$$

$$\mu = \bar{X}_{\ln x} - 0.5772156649\alpha$$

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * S_{\ln x}$$

$$y = \frac{\ln x - \mu}{\alpha}$$

Decisión:

Si: $\Delta_{max} < \Delta_{tab}$. → los datos se ajustan, al nivel de significacion

Si: $\Delta_{max} \geq \Delta_{tab}$. → los datos no se ajustan, al nivel de significacion

Δ_{max}	0.0639	<	Δ_{tab}	0.2667	Tabla 2
----------------	--------	---	----------------	--------	---------

Conclusion: Los datos se ajustan a la distribucion Log Gumbel con un nivel de significacion de 5%

Tabla A.11. PRECIPITACIÓN MAXIMA 24 HORAS LOG GUMBEL.

Posición m	Año	Ppmax 24hr (mm)	Y=Logx
1	1992	26.50	1.42325
2	1993	37.30	1.57171
3	1994	36.70	1.56467
4	1995	51.60	1.71265
5	1996	29.70	1.47276
6	1997	38.70	1.58771
7	1998	43.60	1.63949
8	1999	42.60	1.62941
9	2000	35.30	1.54777
10	2001	28.70	1.45788
11	2002	27.00	1.43136
12	2003	32.50	1.51188
13	2004	25.20	1.40140
14	2005	55.10	1.74115
15	2006	28.10	1.44871
16	2007	33.20	1.52114
17	2008	24.60	1.39094
18	2009	46.80	1.67025
19	2010	28.50	1.45484
20	2011	32.10	1.50651
21	2012	28.80	1.45939
22	2013	37.90	1.57864
23	2014	31.20	1.49415
24	2015	32.20	1.50786
25	2016	32.60	1.51322
26	2017	31.70	1.50106
Promedio		34.55	1.5285
Desv. Stand		7.9219	0.0927
Coeffic. Asim.		1.1365	0.7072

Tabla A.12. PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24HR GENERADAS DE ACUERDO A LOS TIEMPOS DE RETORNO

T	P(x)=1/Tr	Variable normal estandar (W)	Factor de frecuencia (K)	PP max 24hr (mm) Dit. Log Gumbel
2	0.5000	-0.3665	-0.1643	32.6003
5	0.2000	-1.4999	0.7195	39.3700
10	0.1000	-2.2504	1.3046	44.6087
25	0.0400	-3.1985	2.0438	52.2361
50	0.0200	-3.9019	2.5923	58.7253
100	0.0100	-4.6001	3.1367	65.9636
200	0.0050	-5.2958	3.6791	74.0627
500	0.0020	-6.2136	4.3947	86.2887

$$K = -\frac{\sqrt{6}}{\pi}(0.5772 + W)$$

$$W = \ln \left[\ln \left(\frac{T_R}{T_R - 1} \right) \right]$$

$$PP_{\max} = PP + KS_p$$

$$PP_{\max} = 10^{(\bar{PP} + KS)}$$

Donde:

W: Variable normal estandar para Distribucion Normal

P: Probabilidad de descarga

K: Factor de frecuencia Gumbel y Log-Gumbel

S: Desviación estandar

Tabla A.13 PRECIPITACIÓN PLUVIAL MÁXIMA (Pd=mm) PARA DIFERENTES TIEMPOS

Tiempo de retorno	PP max 24hr (mm)	Duración (horas)														
		1	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
2	32.60	8.15	10.11	12.39	14.34	16.30	18.26	20.86	23.80	25.75	27.06	28.36	29.34	30.32	31.62	32.60
5	39.37	9.84	12.20	14.96	17.32	19.69	22.05	25.20	28.74	31.10	32.68	34.25	35.43	36.61	38.19	39.37
10	44.61	11.15	13.83	16.95	19.63	22.30	24.98	28.55	32.56	35.24	37.03	38.81	40.15	41.49	43.27	44.61
25	52.24	13.06	16.19	19.85	22.98	26.12	29.25	33.43	38.13	41.27	43.36	45.45	47.01	48.58	50.67	52.24
50	58.73	14.68	18.20	22.32	25.84	29.36	32.89	37.58	42.87	46.39	48.74	51.09	52.85	54.61	56.96	58.73
100	65.96	16.49	20.45	25.07	29.02	32.98	36.94	42.22	48.15	52.11	54.75	57.39	59.37	61.35	63.98	65.96
200	74.06	18.52	22.96	28.14	32.59	37.03	41.48	47.40	54.07	58.51	61.47	64.43	66.66	68.88	71.84	74.06
500	86.29	21.57	26.75	32.79	37.97	43.14	48.32	55.22	62.99	68.17	71.62	75.07	77.66	80.25	83.70	86.29

Tabla A.14 INTENSIDADES DE LLUVIA A PARTIR DE Pd, SEGÚN DURACIÓN DE PRECIPITACIÓN Y FRECUENCIA DE LA MISMA.

Tiempo de retorno	PP max 24hr (mm)	Duración (horas y min)														
		1	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
		60	120	180	240	300	360	480	600	720	840	960	1080	1200	1320	1440
2	32.60	8.15	5.05	4.13	3.59	3.26	3.04	2.61	2.38	2.15	1.93	1.77	1.63	1.52	1.44	1.36
5	39.37	9.84	6.10	4.99	4.33	3.94	3.67	3.15	2.87	2.59	2.33	2.14	1.97	1.83	1.74	1.64
10	44.61	11.15	6.91	5.65	4.91	4.46	4.16	3.57	3.26	2.94	2.64	2.43	2.23	2.07	1.97	1.86
25	52.24	13.06	8.10	6.62	5.75	5.22	4.88	4.18	3.81	3.44	3.10	2.84	2.61	2.43	2.30	2.18
50	58.73	14.68	9.10	7.44	6.46	5.87	5.48	4.70	4.29	3.87	3.48	3.19	2.94	2.73	2.59	2.45
100	65.96	16.49	10.22	8.36	7.26	6.60	6.16	5.28	4.82	4.34	3.91	3.59	3.30	3.07	2.91	2.75
200	74.06	18.52	11.48	9.38	8.15	7.41	6.91	5.93	5.41	4.88	4.39	4.03	3.70	3.44	3.27	3.09
500	86.29	21.57	13.37	10.93	9.49	8.63	8.05	6.90	6.30	5.68	5.12	4.69	4.31	4.01	3.80	3.60

Tabla A.15 Determinación del número de curva (CN)

Subcuencas	Covertura vegetal	Grupo hidrológico de suelo	Area (km2)	CN parcial	CN ponderado subcuenca	CN ponderado cuenca
Subcuenca 1	Cuerpos de agua	B	0.48	100	81	77.76
	Matorral arbustivo abierto	B	0.72	66		
	Pradera en zona de clima frío	B	1.55	79		
	Desierto en zona de clima árido	B	12.79	81		
	Carretera	B	0.06	85		
Subcuenca 2	Cuerpos de agua	B	0.82	100	82	
	Matorral arbustivo abierto	B	0.17	66		
	Pradera en zona de clima frío	B	0.44	79		
	Desierto en zona de clima árido	B	12.01	81		
	Carretera	B	0.09	85		
Subcuenca 3	Cuerpos de agua	B	0.02	100	76	
	Matorral arbustivo abierto	B	3.47	66		
	Pradera en zona de clima frío	B	2.53	79		
	Tierras en cultivo	B	0.67	71		
	Desierto en zona de clima árido	B	5.30	81		
	Carretera	B	0.06	85		
Subcuenca 4	Tierras en cultivo	B	0.83	71	73	
	Matorral arbustivo abierto	B	2.73	66		
	Pradera en zona de clima frío	B	0.34	79		
	Sabana de arboles leñosos	B	0.01	66		
	Desierto en zona de clima árido	B	2.36	81		
	Carretera	B	0.00	85		
Subcuenca 5	Area urbana	B	0.39	85	72	
	Tierras en cultivo	B	4.69	71		
	Matorral arbustivo abierto	B	1.88	66		
	Pradera en zona de clima frío	B	1.87	79		
	Sabana de arboles leñosos	B	0.03	66		
	Carretera	B	0.10	85		

Tabla A.16 Características hidráulicas de la simulación con Hec-RAS para el Tr = 10 años, con Q=30.48m3/s

Seccion	Progresiva	Pendiente	Caudal	Cota terreno	Elevacion de agua	Elevacion crit. espejo	Elev. G. E	Pendiente G. E.	Tirante	Ancho del cauce	Espejo de agua	Velocidad	Area	Numero de froude
	km	m/m	m3/s	(msnm)	(msnm)	msnm	msnm	m/m	m	m	m	m/s	m2	Adim.
7380	0+025	0.104	30.48	2712.91	2713.62	2714.41	2716.44	0.154	0.71	15.00	7.23	7.43	4.10	3.15
7298	0+050	0.122	30.48	2710.31	2711.06	2711.61	2713.09	0.103	0.75	13.60	8.11	6.31	4.83	2.61
7216	0+075	0.090	30.48	2707.25	2707.92	2708.48	2710.17	0.131	0.67	13.50	8.63	6.63	4.59	2.90
7134	0+100	0.072	30.48	2705.00	2705.73	2706.17	2707.08	0.098	0.73	19.10	13.28	5.14	5.93	2.45
7052	0+125	0.078	30.48	2703.21	2703.89	2704.20	2704.90	0.071	0.68	21.00	15.16	4.46	6.84	2.12
6970	0+150	0.091	30.48	2701.27	2701.97	2702.34	2703.18	0.065	0.70	18.40	11.17	4.87	6.26	2.08
6888	0+175	0.069	30.48	2699.00	2699.83	2700.24	2701.28	0.087	0.83	18.20	11.11	5.35	5.70	2.38
6806	0+200	0.060	30.48	2697.28	2697.99	2698.36	2699.24	0.072	0.71	17.70	11.65	4.95	6.16	2.17
6724	0+225	0.129	30.48	2695.78	2696.48	2696.79	2697.51	0.062	0.70	22.80	13.11	4.51	6.76	2.00
6642	0+250	0.092	30.48	2692.56	2693.21	2693.69	2695.19	0.140	0.65	17.00	10.72	6.24	4.89	2.95
6560	0+275	0.070	30.48	2690.25	2691.09	2691.55	2692.67	0.070	0.84	12.50	8.21	5.56	5.48	2.18
6478	0+300	0.064	30.48	2688.50	2689.51	2689.95	2690.97	0.063	1.01	15.50	8.36	5.35	5.70	2.07
6396	0+325	0.088	30.48	2686.90	2687.50	2687.88	2688.93	0.108	0.60	17.90	13.42	5.30	5.75	2.59
6314	0+350	0.088	30.48	2684.71	2685.60	2686.01	2686.96	0.059	0.89	13.90	8.66	5.18	5.89	2.01
6232	0+375	0.088	30.48	2682.50	2683.17	2683.69	2685.05	0.098	0.67	19.40	8.59	6.06	5.03	2.53
6150	0+400	0.078	30.48	2680.31	2681.11	2681.58	2682.74	0.082	0.80	15.50	9.04	5.66	5.39	2.34
6068	0+425	0.074	30.48	2678.35	2679.27	2679.76	2680.91	0.066	0.92	18.90	7.35	5.67	5.37	2.12
5986	0+450	0.066	30.48	2676.50	2677.34	2677.87	2679.14	0.075	0.84	12.00	7.09	5.94	5.13	2.23
5904	0+475	0.135	30.48	2674.85	2675.68	2676.16	2677.27	0.070	0.83	14.60	8.24	5.57	5.47	2.18
5822	0+500	0.079	30.48	2671.47	2672.18	2672.77	2674.69	0.151	0.71	15.00	8.25	7.02	4.34	3.09
5740	0+525	0.108	30.48	2669.49	2670.16	2670.58	2671.64	0.083	0.67	26.60	10.44	5.39	5.66	2.34
5658	0+550	0.110	30.48	2666.79	2667.54	2667.99	2669.25	0.109	0.75	15.90	10.75	5.78	5.27	2.64
5576	0+575	0.126	30.48	2664.05	2664.96	2665.47	2666.74	0.092	0.91	17.00	8.84	5.91	5.16	2.47
5494	0+600	0.056	30.48	2660.89	2661.71	2662.27	2664.01	0.126	0.82	18.70	8.02	6.72	4.54	2.85
5412	0+625	0.101	30.48	2659.50	2660.30	2660.68	2661.58	0.061	0.80	17.00	9.68	5.00	6.10	2.01
5330	0+650	0.089	30.48	2656.98	2657.79	2658.31	2659.69	0.089	0.81	14.00	7.81	6.10	4.99	2.44
5248	0+675	0.090	30.48	2654.76	2655.58	2656.13	2657.50	0.085	0.82	11.00	7.10	6.13	4.97	2.34
5166	0+700	0.060	30.48	2652.50	2653.34	2653.89	2655.29	0.091	0.84	11.50	7.49	6.18	4.93	2.43
5084	0+725	0.097	30.48	2651.00	2651.87	2652.32	2653.34	0.059	0.87	13.20	7.79	5.36	5.69	2.00
5002	0+750	0.095	30.48	2648.57	2649.57	2650.15	2651.56	0.081	1.00	11.50	6.62	6.24	4.88	2.32

Seccion	Progresiva	Pendiente	Caudal	Cota terreno	Elevacion de agua	Elevacion crit. espejo	Elev. G. E	Pendiente G. E.	Tirante	Ancho del cauce	Espejo de agua	Velocidad	Area	Numero de froude
	km	m/m	m3/s	(msnm)	(msnm)	msnm	msnm	m/m	m	m	m	m/s	m2	Adim.
4920	0+775	0.074	30.48	2646.19	2646.96	2647.53	2649.15	0.115	0.77	13.00	7.93	6.56	4.65	2.74
4838	0+800	0.078	30.48	2644.33	2645.18	2645.65	2646.76	0.070	0.85	14.50	8.16	5.56	5.48	2.17
4756	0+825	0.101	30.48	2642.38	2643.20	2643.70	2644.92	0.076	0.82	11.70	7.77	5.81	5.24	2.26
4674	0+850	0.094	30.48	2639.85	2640.73	2641.29	2642.77	0.095	0.88	10.00	7.33	6.32	4.82	2.49
4592	0+875	0.111	30.48	2637.50	2638.26	2638.81	2640.31	0.103	0.76	11.60	7.84	6.34	4.81	2.59
4510	0+900	0.054	30.48	2634.73	2635.31	2635.63	2636.81	0.180	0.58	11.30	22.79	6.23	5.94	3.23
4428	0+925	0.058	30.48	2633.39	2634.37	2634.77	2635.18	0.027	0.98	9.10	9.01	3.99	7.65	1.38
4346	0+950	0.037	30.48	2631.93	2632.67	2633.08	2634.09	0.068	0.74	10.50	8.96	5.28	5.77	2.10
4264	0+975	0.020	30.48	2631.00	2631.80	2632.10	2632.73	0.036	0.80	11.00	9.58	4.27	7.14	1.58
4182	1+000	0.033	30.48	2630.50	2631.61	2631.73	2632.00	0.016	1.11	9.00	35.36	2.92	12.86	1.04
4100	1+025	0.027	30.48	2629.67	2630.67	2630.96	2631.45	0.028	1.00	10.00	22.70	3.96	8.42	1.41
4018	1+050	0.020	30.48	2629.00	2630.19	2630.47	2630.80	0.021	1.19	8.40	12.46	3.47	8.87	1.21
3936	1+075	0.020	30.48	2628.50	2629.71	2629.92	2630.29	0.020	1.21	8.00	17.83	3.41	9.40	1.18
3854	1+100	0.020	30.48	2628.00	2629.25	2629.44	2629.79	0.019	1.25	8.00	19.51	3.31	9.80	1.17
3772	1+125	0.040	30.48	2627.50	2628.59	2628.71	2629.28	0.020	1.09	9.30	8.53	3.70	8.24	1.20
3690	1+150	0.035	30.48	2626.50	2628.05	2628.09	2628.80	0.018	1.55	9.50	5.75	3.85	7.92	1.05
3608	1+175	0.025	30.48	2625.62	2626.40	2626.84	2627.92	0.073	0.78	13.50	8.99	5.46	5.58	2.21
3526	1+200	0.020	30.48	2625.00	2626.22	2626.32	2626.87	0.018	1.22	11.50	8.47	3.56	8.56	1.13
3444	1+225	0.020	30.48	2624.50	2625.66	2625.83	2626.37	0.023	1.16	12.80	9.42	3.74	8.16	1.28
3362	1+250	0.020	30.48	2624.00	2625.05	2625.24	2625.78	0.025	1.05	14.00	9.85	3.78	8.05	1.34
3280	1+275	0.027	30.48	2623.50	2624.92	2624.92	2625.41	0.014	1.42	15.60	10.11	3.11	9.81	1.01
3198	1+300	0.053	30.48	2622.83	2624.02	2624.25	2624.91	0.027	1.19	16.80	7.79	4.18	7.29	1.38
3116	1+325	0.000	30.48	2621.50	2622.47	2622.93	2623.94	0.052	0.97	17.50	6.70	5.38	5.67	1.87
3034	1+350	0.024	30.48	2621.50	2622.58	2622.49	2622.94	0.010	1.08	26.00	12.14	2.65	11.50	0.87
2952	1+375	0.036	30.48	2620.90	2622.11	2622.11	2622.63	0.014	1.21	23.00	9.39	3.19	9.57	1.01
2870	1+400	0.098	30.48	2620.00	2621.16	2621.42	2622.11	0.028	1.16	28.20	7.18	4.32	7.06	1.39
2788	1+425	0.062	30.48	2617.56	2618.34	2618.83	2620.55	0.176	0.78	26.70	11.15	6.59	4.63	3.27
2706	1+450	0.060	30.48	2616.00	2617.08	2617.47	2618.33	0.043	1.08	18.60	7.43	4.94	6.17	1.73
2624	1+475	0.048	30.48	2614.50	2615.44	2615.92	2617.00	0.063	0.94	23.40	7.59	5.54	5.50	2.08
2542	1+500	0.112	30.48	2613.31	2614.34	2614.72	2615.53	0.048	1.03	22.40	8.75	4.82	6.32	1.81

Seccion	Progresiva	Pendiente	Caudal	Cota terreno	Elevacion de agua	Elevacion crit. espejo	Elev. G. E	Pendiente G. E.	Tirante	Ancho del cauce	Espejo de agua	Velocidad	Area	Numero de froude
	km	m/m	m3/s	(msnm)	(msnm)	msnm	msnm	m/m	m	m	m	m/s	m2	Adim.
2460	1+525	0.091	30.48	2610.51	2611.49	2612.08	2613.72	0.106	0.98	20.50	7.22	6.62	4.61	2.65
2378	1+550	0.140	30.48	2608.23	2608.93	2609.43	2610.86	0.115	0.70	25.20	9.54	6.16	4.95	2.73
2296	1+575	0.173	30.48	2604.73	2605.42	2605.94	2607.59	0.148	0.69	28.90	9.85	6.51	4.68	3.02
2214	1+600	0.136	30.48	2600.40	2601.09	2601.65	2603.59	0.171	0.69	38.90	9.32	7.00	4.35	3.27
2132	1+625	0.118	30.48	2596.99	2597.70	2598.28	2599.95	0.120	0.71	40.20	7.93	6.65	4.58	2.79
2050	1+650	0.090	30.48	2594.04	2595.12	2595.76	2597.39	0.088	1.08	37.20	5.89	6.68	4.57	2.42
1968	1+675	0.124	30.48	2591.79	2592.37	2592.88	2594.53	0.150	0.58	37.50	10.05	6.51	4.68	3.05
1886	1+700	0.118	30.48	2588.70	2589.24	2589.67	2590.93	0.128	0.54	44.30	12.41	5.75	5.30	2.81
1804	1+725	0.103	30.48	2585.75	2586.35	2586.77	2587.92	0.111	0.60	58.80	12.17	5.54	5.50	2.63
1722	1+750	0.102	30.48	2583.17	2583.67	2584.00	2584.94	0.121	0.50	64.90	17.17	4.98	6.12	2.67
1640	1+775	0.065	30.48	2580.62	2581.50	2581.81	2582.58	0.072	0.88	63.70	14.09	4.61	6.62	2.15
1558	1+800	0.059	30.48	2579.00	2579.90	2580.26	2581.08	0.050	0.90	44.70	9.43	4.80	6.36	1.87
1476	1+825	0.220	30.48	2577.53	2578.59	2578.99	2579.87	0.046	1.06	38.80	7.72	4.99	6.10	1.79
1394	1+850	0.142	30.48	2572.02	2572.59	2573.31	2577.06	0.355	0.57	46.80	7.83	9.36	3.26	4.64
1312	1+875	0.079	30.48	2568.47	2569.18	2569.72	2571.33	0.129	0.71	39.40	9.11	6.50	4.69	2.89
1230	1+900	0.107	30.48	2566.50	2567.18	2567.58	2568.57	0.081	0.68	50.10	11.26	5.21	5.85	2.31
1148	1+925	0.114	30.48	2563.82	2564.49	2564.96	2566.24	0.104	0.67	54.00	10.00	5.86	5.20	2.60
1066	1+950	0.099	30.48	2560.98	2561.72	2562.24	2563.65	0.102	0.74	48.10	8.66	6.16	4.95	2.60
984	1+975	0.093	30.48	2558.50	2559.22	2559.72	2561.07	0.102	0.72	43.90	9.20	6.03	5.06	2.60
902	2+000	0.080	30.48	2556.18	2556.82	2557.23	2558.34	0.109	0.64	31.50	12.51	5.45	5.59	2.60
820	2+025	0.108	30.48	2554.17	2554.86	2555.21	2556.03	0.073	0.69	34.80	12.97	4.78	6.38	2.17
738	2+050	0.119	30.48	2551.48	2552.30	2552.81	2554.06	0.079	0.82	13.80	7.88	5.87	5.19	2.31
656	2+075	0.080	30.48	2548.50	2549.27	2549.86	2551.56	0.124	0.77	25.20	8.02	6.70	4.55	2.84
574	2+100	0.085	30.48	2546.50	2547.59	2548.07	2549.16	0.065	1.09	25.20	7.76	5.56	5.48	2.11
492	2+125	0.127	30.48	2544.38	2544.90	2545.32	2546.68	0.166	0.52	35.80	14.10	5.91	5.16	3.12
410	2+150	0.108	30.48	2541.21	2541.64	2541.96	2542.89	0.128	0.43	44.70	18.15	4.96	6.15	2.72
328	2+175	0.080	30.48	2538.50	2539.29	2539.63	2540.41	0.077	0.79	44.80	13.83	4.70	6.48	2.19
246	2+200	0.068	30.48	2536.50	2537.17	2537.51	2538.37	0.086	0.67	45.20	14.03	4.86	6.28	2.32
164	2+225	0.043	30.48	2534.81	2535.63	2535.92	2536.59	0.056	0.82	52.60	13.41	4.34	7.02	1.92
82	2+250		30.48	2533.73	2534.38	2534.62	2535.11	0.057	0.65	57.10	19.30	3.79	8.04	1.88

Tabla A.17. Características hidráulicas de la simulación con Hec-RAS para el Tr = 25 años, con Q=45.42m³/s

Seccion	Progresiva	Pendiente	Caudal	Cota terreno	Elevacion de agua	Elevacion crit. espejo	Elev. G. E	Pendiente G. E.	Tirante	Ancho del cauce	Espejo de agua	Velocidad	Area	Numero de froude
	km	m/m	m ³ /s	(msnm)	(msnm)	msnm	msnm	m/m	m)	m	m	m/s	m ²	
7380	0+025	0.104	45.42	2712.91	2713.79	2714.65	2717.47	0.154	0.88	15.00	7.62	8.49	5.35	3.24
7298	0+050	0.122	45.42	2710.31	2711.22	2711.93	2713.97	0.109	0.91	13.60	8.53	7.34	6.19	2.75
7216	0+075	0.090	45.42	2707.25	2708.08	2708.87	2711.00	0.128	0.83	13.50	8.99	7.56	6.01	2.96
7134	0+100	0.072	45.42	2705.00	2705.85	2706.34	2707.70	0.111	0.85	19.10	14.56	6.03	7.53	2.68
7052	0+125	0.078	45.42	2703.21	2704.03	2704.42	2705.34	0.071	0.82	21.00	16.35	5.07	8.96	2.19
6970	0+150	0.091	45.42	2701.27	2702.15	2702.62	2703.67	0.061	0.88	18.40	11.76	5.46	8.32	2.07
6888	0+175	0.069	45.42	2699.00	2699.98	2700.50	2701.84	0.087	0.98	18.20	12.09	6.04	7.53	2.44
6806	0+200	0.060	45.42	2697.28	2698.14	2698.63	2699.78	0.074	0.86	17.70	12.57	5.66	8.02	2.26
6724	0+225	0.129	45.42	2695.78	2696.62	2697.04	2697.99	0.063	0.84	22.80	14.03	5.18	8.76	2.09
6642	0+250	0.092	45.42	2692.56	2693.37	2693.96	2695.75	0.123	0.81	17.00	11.49	6.83	6.65	2.87
6560	0+275	0.070	45.42	2690.25	2691.28	2691.89	2693.37	0.071	1.03	12.50	8.49	6.40	7.09	2.24
6478	0+300	0.064	45.42	2688.50	2689.71	2690.37	2691.61	0.066	1.21	15.50	9.19	6.10	7.44	2.17
6396	0+325	0.088	45.42	2686.90	2687.62	2688.12	2689.52	0.109	0.72	17.90	14.16	6.10	7.45	2.68
6314	0+350	0.088	45.42	2684.71	2685.81	2686.33	2687.55	0.057	1.10	13.90	9.14	5.85	7.77	2.03
6232	0+375	0.088	45.42	2682.50	2683.36	2684.01	2685.71	0.092	0.86	19.40	9.15	6.78	6.70	2.53
6150	0+400	0.078	45.42	2680.31	2681.28	2681.89	2683.46	0.084	0.97	15.50	9.40	6.54	6.94	2.43
6068	0+425	0.074	45.42	2678.35	2679.49	2680.11	2681.60	0.065	1.14	18.90	7.78	6.43	7.07	2.15
5986	0+450	0.066	45.42	2676.50	2677.56	2678.24	2679.86	0.073	1.06	12.00	7.50	6.71	6.77	2.25
5904	0+475	0.135	45.42	2674.85	2675.87	2676.49	2677.97	0.073	1.02	14.60	8.86	6.42	7.08	2.29
5822	0+500	0.079	45.42	2671.47	2672.36	2673.10	2675.43	0.137	0.89	15.00	8.75	7.76	5.85	3.03
5740	0+525	0.108	45.42	2669.49	2670.30	2670.86	2672.34	0.092	0.81	26.60	11.21	6.32	7.18	2.52
5658	0+550	0.110	45.42	2666.79	2667.69	2668.26	2669.86	0.105	0.90	15.90	11.53	6.52	6.97	2.68
5576	0+575	0.126	45.42	2664.05	2665.15	2665.75	2667.39	0.092	1.10	17.00	9.75	6.64	6.84	2.53
5494	0+600	0.056	45.42	2660.89	2661.89	2662.59	2664.72	0.121	1.00	18.70	8.86	7.44	6.10	2.86
5412	0+625	0.101	45.42	2659.50	2660.47	2660.98	2662.23	0.065	0.97	17.00	10.04	5.87	7.73	2.14
5330	0+650	0.089	45.42	2656.98	2658.00	2658.66	2660.34	0.082	1.02	14.00	8.20	6.78	6.70	2.40
5248	0+675	0.090	45.42	2654.76	2655.80	2656.49	2658.26	0.083	1.04	11.00	7.42	6.95	6.53	2.37
5166	0+700	0.060	45.42	2652.50	2653.54	2654.24	2656.09	0.090	1.04	11.50	7.72	7.06	6.43	2.47
5084	0+725	0.097	45.42	2651.00	2652.07	2652.87	2654.04	0.063	1.07	13.20	8.40	6.21	7.31	2.12
5002	0+750	0.095	45.42	2648.57	2649.82	2650.53	2652.25	0.077	1.25	11.50	7.28	6.90	6.58	2.32

Seccion	Progresiva	Pendiente	Caudal	Cota terreno	Elevacion de agua	Elevacion crit. espejo	Elev. G. E	Pendiente G. E.	Tirante	Ancho del cauce	Espejo de agua	Velocidad	Area	Numero de froude
	km	m/m	m3/s	(msnm)	(msnm)	msnm	msnm	m/m	m)	m	m	m/s	m2	
4920	0+775	0.074	45.42	2646.19	2647.14	2647.86	2649.92	0.111	0.95	13.00	8.45	7.39	6.15	2.77
4838	0+800	0.078	45.42	2644.33	2645.37	2645.98	2647.49	0.074	1.04	14.50	8.61	6.45	7.04	2.28
4756	0+825	0.101	45.42	2642.38	2643.40	2644.25	2645.60	0.077	1.02	11.70	8.48	6.57	6.91	2.33
4674	0+850	0.094	45.42	2639.85	2640.95	2641.66	2643.51	0.089	1.10	10.00	7.57	7.09	6.40	2.46
4592	0+875	0.111	45.42	2637.50	2638.44	2639.29	2641.13	0.102	0.94	11.60	8.17	7.26	6.26	2.65
4510	0+900	0.054	45.42	2634.73	2635.38	2635.77	2637.39	0.208	0.65	11.30	25.30	7.24	7.57	3.54
4428	0+925	0.058	45.42	2633.39	2634.65	2634.94	2635.47	0.030	1.26	9.10	36.80	4.10	12.56	1.44
4346	0+950	0.037	45.42	2631.93	2632.95	2633.59	2634.47	0.049	1.02	10.50	9.27	5.46	8.31	1.84
4264	0+975	0.020	45.42	2631.00	2631.99	2632.58	2633.30	0.040	0.99	11.00	9.83	5.07	8.95	1.70
4182	1+000	0.033	45.42	2630.50	2631.67	2631.87	2632.32	0.025	1.17	9.00	36.58	3.85	14.81	1.34
4100	1+025	0.027	45.42	2629.67	2630.85	2631.11	2631.66	0.026	1.18	10.00	33.70	4.25	13.49	1.39
4018	1+050	0.020	45.42	2629.00	2630.45	2630.67	2631.08	0.017	1.45	8.40	34.70	3.66	14.87	1.13
3936	1+075	0.020	45.42	2628.50	2629.86	2630.13	2630.59	0.022	1.36	8.00	32.42	3.95	13.80	1.28
3854	1+100	0.020	45.42	2628.00	2629.45	2629.66	2630.05	0.018	1.45	8.00	30.31	3.60	14.87	1.18
3772	1+125	0.040	45.42	2627.50	2629.38	2629.21	2629.73	0.007	1.88	9.30	27.20	2.65	19.03	0.72
3690	1+150	0.035	45.42	2626.50	2628.56	2628.56	2629.42	0.016	2.06	9.50	6.47	4.10	11.07	1.00
3608	1+175	0.025	45.42	2625.62	2626.59	2627.18	2628.57	0.073	0.97	13.50	9.45	6.23	7.29	2.27
3526	1+200	0.020	45.42	2625.00	2626.48	2626.67	2627.38	0.020	1.48	11.50	9.07	4.21	10.78	1.23
3444	1+225	0.020	45.42	2624.50	2625.91	2626.15	2626.84	0.024	1.41	12.80	10.41	4.26	10.66	1.34
3362	1+250	0.020	45.42	2624.00	2625.30	2625.55	2626.23	0.025	1.30	14.00	10.82	4.27	10.63	1.38
3280	1+275	0.027	45.42	2623.50	2625.24	2625.24	2625.83	0.013	1.74	15.60	11.47	3.41	13.34	1.01
3198	1+300	0.053	45.42	2622.83	2624.38	2624.62	2625.38	0.022	1.55	16.80	8.64	4.41	10.29	1.29
3116	1+325	0.000	45.42	2621.50	2622.77	2623.31	2624.52	0.047	1.27	17.50	7.29	5.86	7.74	1.82
3034	1+350	0.024	45.42	2621.50	2622.53	2622.77	2623.41	0.026	1.03	26.00	12.02	4.14	10.96	1.38
2952	1+375	0.036	45.42	2620.90	2622.44	2622.44	2623.09	0.013	1.54	23.00	9.90	3.57	12.74	1.00
2870	1+400	0.098	45.42	2620.00	2621.53	2621.81	2622.60	0.024	1.53	28.20	8.05	4.60	9.88	1.33
2788	1+425	0.062	45.42	2617.56	2618.47	2619.07	2621.17	0.170	0.91	26.70	12.65	7.27	6.25	3.30
2706	1+450	0.060	45.42	2616.00	2617.34	2617.84	2618.93	0.043	1.34	18.60	8.05	5.58	8.14	1.77
2624	1+475	0.048	45.42	2614.50	2615.67	2616.27	2617.61	0.061	1.17	23.40	8.32	6.17	7.36	2.10
2542	1+500	0.112	45.42	2613.31	2614.54	2615.04	2616.12	0.050	1.23	22.40	9.50	5.56	8.16	1.92

Seccion	Progresiva	Pendiente	Caudal	Cota terreno	Elevacion de agua	Elevacion crit. espejo	Elev. G. E	Pendiente G. E.	Tirante	Ancho del cauce	Espejo de agua	Velocidad	Area	Numero de froude
	km	m/m	m3/s	(msnm)	(msnm)	msnm	msnm	m/m	m)	m	m	m/s	m2	
2460	1+525	0.091	45.42	2610.51	2611.71	2612.42	2614.33	0.095	1.20	20.50	8.05	7.16	6.34	2.58
2378	1+550	0.140	45.42	2608.23	2609.07	2609.72	2611.68	0.119	0.84	25.20	9.94	7.15	6.36	2.85
2296	1+575	0.173	45.42	2604.73	2605.57	2606.23	2608.40	0.144	0.84	28.90	10.14	7.45	6.10	3.07
2214	1+600	0.136	45.42	2600.40	2601.23	2601.94	2604.46	0.169	0.83	38.90	9.93	7.97	5.70	3.36
2132	1+625	0.118	45.42	2596.99	2597.86	2598.61	2600.81	0.122	0.87	40.20	8.47	7.60	5.97	2.89
2050	1+650	0.090	45.42	2594.04	2595.36	2596.17	2598.22	0.088	1.32	37.20	6.44	7.49	6.06	2.46
1968	1+675	0.124	45.42	2591.79	2592.50	2593.17	2595.40	0.151	0.71	37.50	10.28	7.54	6.02	3.14
1886	1+700	0.118	45.42	2588.70	2589.36	2589.92	2591.66	0.135	0.66	44.30	12.91	6.73	6.75	2.97
1804	1+725	0.103	45.42	2585.75	2586.48	2587.03	2588.56	0.110	0.73	58.80	12.67	6.37	7.13	2.71
1722	1+750	0.102	45.42	2583.17	2583.77	2584.20	2585.48	0.128	0.60	64.90	18.35	5.79	7.84	2.83
1640	1+775	0.065	45.42	2580.62	2581.64	2582.04	2583.05	0.071	1.02	63.70	14.68	5.27	8.61	2.20
1558	1+800	0.059	45.42	2579.00	2580.11	2580.58	2581.60	0.048	1.11	44.70	10.08	5.40	8.42	1.89
1476	1+825	0.220	45.42	2577.53	2578.85	2579.36	2580.44	0.044	1.32	38.80	8.30	5.58	8.14	1.80
1394	1+850	0.142	45.42	2572.02	2572.75	2573.62	2577.75	0.283	0.73	46.80	8.48	9.90	4.59	4.30
1312	1+875	0.079	45.42	2568.47	2569.31	2570.02	2572.30	0.141	0.84	39.40	9.56	7.65	5.94	3.10
1230	1+900	0.107	45.42	2566.50	2567.32	2567.85	2569.24	0.088	0.82	50.10	11.73	6.13	7.41	2.46
1148	1+925	0.114	45.42	2563.82	2564.65	2565.25	2566.88	0.099	0.83	54.00	10.58	6.61	6.87	2.62
1066	1+950	0.099	45.42	2560.98	2561.90	2562.56	2564.38	0.099	0.92	48.10	9.08	6.98	6.50	2.64
984	1+975	0.093	45.42	2558.50	2559.38	2560.02	2561.82	0.105	0.88	43.90	9.86	6.92	6.56	2.71
902	2+000	0.080	45.42	2556.18	2556.95	2557.47	2558.97	0.113	0.77	31.50	13.30	6.30	7.21	2.73
820	2+025	0.108	45.42	2554.17	2555.00	2555.45	2556.53	0.076	0.83	34.80	14.06	5.48	8.29	2.28
738	2+050	0.119	45.42	2551.48	2552.53	2553.15	2554.64	0.071	1.05	13.80	8.51	6.43	7.06	2.25
656	2+075	0.080	45.42	2548.50	2549.45	2550.18	2552.32	0.117	0.95	25.20	8.55	7.50	6.06	2.85
574	2+100	0.085	45.42	2546.50	2547.79	2548.42	2549.86	0.070	1.29	25.20	8.62	6.38	7.12	2.24
492	2+125	0.127	45.42	2544.38	2545.01	2545.54	2547.31	0.159	0.63	35.80	14.84	6.71	6.77	3.17
410	2+150	0.108	45.42	2541.21	2541.73	2542.16	2543.48	0.135	0.52	44.70	18.49	5.86	7.75	2.89
328	2+175	0.080	45.42	2538.50	2539.43	2539.85	2540.84	0.079	0.93	44.80	15.74	5.27	8.62	2.27
246	2+200	0.068	45.42	2536.50	2537.31	2537.74	2538.81	0.084	0.81	45.20	15.40	5.43	8.37	2.35
164	2+225	0.043	45.42	2534.81	2535.78	2536.16	2537.02	0.057	0.97	52.60	14.73	4.94	9.20	1.99
82	2+250		45.42	2533.73	2534.52	2534.78	2535.38	0.065	0.79	57.10	26.01	4.11	11.05	2.01

Tabla A.18. Características hidráulicas de la simulación con Hec-RAS para el Tr = 50, con Q=59.20m3/s

Seccion	Progresiva	Pendiente	Caudal	Cota terreno	Elevacion de agua	Elevacion crit. espejo	Elev. G. E	Pendiente G. E.	Tirante	Ancho del cauce	Espejo de agua	Velocidad	Area	Numero de froude
	km	m/m	m3/s	(msnm)	(msnm)	msnm	msnm	m/m	m	m	m	m/s	m2	
7380	0+025	0.104	59.20	2712.91	2713.92	2714.82	2718.30	0.154	1.01	15.00	7.91	9.26	6.39	3.29
7298	0+050	0.122	59.20	2710.31	2711.35	2712.22	2714.71	0.113	1.04	13.60	8.82	8.12	7.29	2.85
7216	0+075	0.090	59.20	2707.25	2708.21	2709.20	2711.70	0.127	0.96	13.50	9.20	8.27	7.16	3.00
7134	0+100	0.072	59.20	2705.00	2705.93	2706.46	2708.24	0.121	0.93	19.10	15.74	6.73	8.79	2.85
7052	0+125	0.078	59.20	2703.21	2704.13	2704.60	2705.69	0.074	0.92	21.00	17.51	5.53	10.70	2.26
6970	0+150	0.091	59.20	2701.27	2702.30	2702.85	2704.05	0.058	1.03	18.40	12.35	5.85	10.12	2.06
6888	0+175	0.069	59.20	2699.00	2700.11	2700.73	2702.28	0.084	1.11	18.20	12.67	6.52	9.07	2.46
6806	0+200	0.060	59.20	2697.28	2698.26	2698.93	2700.23	0.076	0.98	17.70	13.21	6.21	9.54	2.33
6724	0+225	0.129	59.20	2695.78	2696.74	2697.30	2698.39	0.065	0.96	22.80	14.69	5.69	10.41	2.16
6642	0+250	0.092	59.20	2692.56	2693.50	2694.17	2696.19	0.112	0.94	17.00	11.87	7.27	8.14	2.81
6560	0+275	0.070	59.20	2690.25	2691.44	2692.19	2693.93	0.071	1.19	12.50	8.78	6.99	8.47	2.27
6478	0+300	0.064	59.20	2688.50	2689.86	2690.64	2692.12	0.069	1.36	15.50	9.87	6.67	8.88	2.24
6396	0+325	0.088	59.20	2686.90	2687.72	2688.44	2689.99	0.108	0.82	17.90	14.59	6.67	8.87	2.73
6314	0+350	0.088	59.20	2684.71	2685.98	2686.61	2688.03	0.056	1.27	13.90	9.50	6.34	9.33	2.04
6232	0+375	0.088	59.20	2682.50	2683.51	2684.26	2686.23	0.088	1.01	19.40	9.55	7.29	8.12	2.53
6150	0+400	0.078	59.20	2680.31	2681.42	2682.15	2684.04	0.085	1.11	15.50	9.74	7.17	8.26	2.49
6068	0+425	0.074	59.20	2678.35	2679.67	2680.40	2682.15	0.065	1.32	18.90	8.14	6.97	8.49	2.18
5986	0+450	0.066	59.20	2676.50	2677.74	2678.53	2680.42	0.072	1.24	12.00	7.87	7.25	8.17	2.27
5904	0+475	0.135	59.20	2674.85	2676.02	2676.76	2678.53	0.076	1.17	14.60	9.37	7.02	8.43	2.36
5822	0+500	0.079	59.20	2671.47	2672.50	2673.35	2676.00	0.130	1.03	15.00	9.22	8.29	7.14	3.01
5740	0+525	0.108	59.20	2669.49	2670.41	2671.08	2672.90	0.097	0.92	26.60	11.79	6.99	8.47	2.63
5658	0+550	0.110	59.20	2666.79	2667.81	2668.47	2670.38	0.104	1.02	15.90	11.96	7.10	8.34	2.72
5576	0+575	0.126	59.20	2664.05	2665.28	2665.98	2667.91	0.094	1.23	17.00	10.57	7.18	8.24	2.60
5494	0+600	0.056	59.20	2660.89	2662.04	2662.85	2665.27	0.115	1.15	18.70	9.37	7.96	7.44	2.85
5412	0+625	0.101	59.20	2659.50	2660.60	2661.22	2662.77	0.068	1.10	17.00	10.26	6.53	9.07	2.22
5330	0+650	0.089	59.20	2656.98	2658.17	2658.94	2660.89	0.078	1.19	14.00	8.41	7.30	8.10	2.38
5248	0+675	0.090	59.20	2654.76	2655.97	2656.79	2658.86	0.082	1.21	11.00	7.70	7.53	7.86	2.38
5166	0+700	0.060	59.20	2652.50	2653.70	2654.83	2656.72	0.089	1.20	11.50	7.96	7.69	7.70	2.49
5084	0+725	0.097	59.20	2651.00	2652.23	2653.10	2654.61	0.066	1.23	13.20	8.85	6.84	8.66	2.21
5002	0+750	0.095	59.20	2648.57	2650.01	2650.81	2652.79	0.076	1.44	11.50	7.88	7.39	8.01	2.34

Seccion	Progresiva	Pendiente	Caudal	Cota terreno	Elevacion de agua	Elevacion crit. espejo	Elev. G. E	Pendiente G. E.	Tirante	Ancho del cauce	Espejo de agua	Velocidad	Area	Numero de froude
	km	m/m	m3/s	(msnm)	(msnm)	msnm	msnm	m/m	m	m	m	m/s	m2	
4920	0+775	0.074	59.20	2646.19	2647.29	2648.12	2650.52	0.106	1.10	13.00	8.76	7.96	7.44	2.76
4838	0+800	0.078	59.20	2644.33	2645.51	2646.25	2648.09	0.076	1.18	14.50	8.95	7.11	8.33	2.35
4756	0+825	0.101	59.20	2642.38	2643.56	2644.38	2646.17	0.077	1.18	11.70	8.94	7.16	8.27	2.38
4674	0+850	0.094	59.20	2639.85	2641.12	2641.94	2644.10	0.085	1.27	10.00	7.79	7.65	7.74	2.45
4592	0+875	0.111	59.20	2637.50	2638.59	2639.51	2641.77	0.101	1.09	11.60	8.41	7.90	7.49	2.67
4510	0+900	0.054	59.20	2634.73	2635.43	2635.89	2637.89	0.231	0.70	11.30	26.91	8.00	8.85	3.77
4428	0+925	0.058	59.20	2633.39	2634.73	2635.05	2635.71	0.033	1.34	9.10	42.77	4.58	15.79	1.54
4346	0+950	0.037	59.20	2631.93	2633.20	2633.72	2634.76	0.039	1.27	10.50	16.31	5.54	10.94	1.68
4264	0+975	0.020	59.20	2631.00	2632.14	2632.70	2633.75	0.042	1.14	11.00	15.47	5.62	10.80	1.75
4182	1+000	0.033	59.20	2630.50	2631.71	2632.02	2632.60	0.033	1.21	9.00	37.51	4.57	16.43	1.55
4100	1+025	0.027	59.20	2629.67	2630.94	2631.20	2631.83	0.028	1.27	10.00	39.51	4.60	17.08	1.45
4018	1+050	0.020	59.20	2629.00	2630.58	2630.81	2631.23	0.017	1.58	8.40	39.89	3.86	19.68	1.13
3936	1+075	0.020	59.20	2628.50	2629.98	2630.20	2630.75	0.022	1.48	8.00	36.98	4.19	17.95	1.29
3854	1+100	0.020	59.20	2628.00	2630.00	2629.77	2630.16	0.004	2.00	8.00	64.62	1.99	39.83	0.56
3772	1+125	0.040	59.20	2627.50	2629.99		2630.08	0.001	2.49	9.30	83.64	1.52	57.90	0.35
3690	1+150	0.035	59.20	2626.50	2628.95	2628.95	2629.90	0.016	2.45	9.50	7.27	4.32	13.72	1.00
3608	1+175	0.025	59.20	2625.62	2626.75	2627.46	2629.04	0.069	1.13	13.50	9.71	6.71	8.82	2.25
3526	1+200	0.020	59.20	2625.00	2626.68	2626.95	2627.80	0.022	1.68	11.50	9.54	4.69	12.63	1.30
3444	1+225	0.020	59.20	2624.50	2626.10	2626.40	2627.21	0.025	1.60	12.80	11.09	4.68	12.66	1.40
3362	1+250	0.020	59.20	2624.00	2625.49	2625.79	2626.58	0.025	1.49	14.00	11.54	4.62	12.81	1.40
3280	1+275	0.027	59.20	2623.50	2625.50	2625.50	2626.16	0.012	2.00	15.60	12.53	3.61	16.42	1.01
3198	1+300	0.053	59.20	2622.83	2624.69	2624.91	2625.74	0.020	1.86	16.80	9.41	4.54	13.04	1.23
3116	1+325	0.000	59.20	2621.50	2623.01	2623.63	2624.95	0.043	1.51	17.50	7.77	6.17	9.60	1.77
3034	1+350	0.024	59.20	2621.50	2622.65	2622.99	2623.82	0.031	1.15	26.00	12.32	4.79	12.37	1.53
2952	1+375	0.036	59.20	2620.90	2622.71	2622.71	2623.45	0.013	1.81	23.00	10.67	3.80	15.56	1.01
2870	1+400	0.098	59.20	2620.00	2621.81	2622.13	2622.99	0.023	1.81	28.20	9.03	4.80	12.34	1.31
2788	1+425	0.062	59.20	2617.56	2618.58	2619.26	2621.60	0.160	1.02	26.70	13.65	7.69	7.69	3.27
2706	1+450	0.060	59.20	2616.00	2617.54	2618.12	2619.39	0.043	1.54	18.60	8.55	6.01	9.84	1.79
2624	1+475	0.048	59.20	2614.50	2615.86	2616.54	2618.09	0.059	1.36	23.40	8.86	6.62	8.94	2.11
2542	1+500	0.112	59.20	2613.31	2614.70	2615.29	2616.59	0.053	1.39	22.40	10.18	6.08	9.73	1.99

Seccion	Progresiva	Pendiente	Caudal	Cota terreno	Elevacion de agua	Elevacion crit. espejo	Elev. G. E	Pendiente G. E.	Tirante	Ancho del cauce	Espejo de agua	Velocidad	Area	Numero de froude
	km	m/m	m3/s	(msnm)	(msnm)	msnm	msnm	m/m	m	m	m	m/s	m2	
2460	1+525	0.091	59.20	2610.51	2611.89	2612.68	2614.80	0.090	1.38	20.50	8.72	7.55	7.84	2.54
2378	1+550	0.140	59.20	2608.23	2609.20	2609.97	2612.26	0.115	0.97	25.20	10.25	7.75	7.64	2.87
2296	1+575	0.173	59.20	2604.73	2605.68	2606.48	2609.06	0.141	0.95	28.90	10.33	8.14	7.27	3.10
2214	1+600	0.136	59.20	2600.40	2601.34	2602.16	2605.16	0.169	0.94	38.90	10.50	8.66	6.84	3.43
2132	1+625	0.118	59.20	2596.99	2598.00	2598.88	2601.50	0.122	1.01	40.20	8.82	8.28	7.15	2.94
2050	1+650	0.090	59.20	2594.04	2595.55	2596.48	2598.88	0.088	1.51	37.20	6.86	8.09	7.32	2.50
1968	1+675	0.124	59.20	2591.79	2592.61	2593.41	2596.07	0.147	0.82	37.50	10.47	8.24	7.19	3.18
1886	1+700	0.118	59.20	2588.70	2589.45	2590.12	2592.30	0.140	0.75	44.30	13.23	7.48	7.91	3.09
1804	1+725	0.103	59.20	2585.75	2586.59	2587.23	2589.09	0.111	0.84	58.80	13.05	7.01	8.45	2.78
1722	1+750	0.102	59.20	2583.17	2583.84	2584.35	2585.93	0.133	0.67	64.90	19.19	6.40	9.25	2.94
1640	1+775	0.065	59.20	2580.62	2581.75	2582.23	2583.45	0.070	1.13	63.70	15.03	5.78	10.23	2.24
1558	1+800	0.059	59.20	2579.00	2580.28	2580.82	2582.02	0.048	1.28	44.70	10.61	5.83	10.15	1.91
1476	1+825	0.220	59.20	2577.53	2579.05	2579.64	2580.88	0.043	1.52	38.80	8.88	5.98	9.90	1.81
1394	1+850	0.142	59.20	2572.02	2572.88	2573.86	2578.35	0.252	0.86	46.80	9.02	10.36	5.72	4.15
1312	1+875	0.079	59.20	2568.47	2569.42	2570.25	2573.07	0.147	0.95	39.40	9.98	8.46	7.00	3.23
1230	1+900	0.107	59.20	2566.50	2567.43	2568.07	2569.81	0.093	0.93	50.10	12.10	6.83	8.66	2.58
1148	1+925	0.114	59.20	2563.82	2564.78	2565.48	2567.41	0.097	0.96	54.00	10.91	7.18	8.24	2.64
1066	1+950	0.099	59.20	2560.98	2562.04	2562.82	2564.96	0.097	1.06	48.10	9.41	7.57	7.82	2.65
984	1+975	0.093	59.20	2558.50	2559.50	2560.25	2562.42	0.107	1.00	43.90	10.35	7.56	7.83	2.78
902	2+000	0.080	59.20	2556.18	2557.04	2557.66	2559.50	0.116	0.86	31.50	13.88	6.94	8.53	2.83
820	2+025	0.108	59.20	2554.17	2555.11	2555.63	2556.96	0.078	0.94	34.80	14.70	6.03	9.82	2.36
738	2+050	0.119	59.20	2551.48	2552.71	2553.42	2555.11	0.067	1.23	13.80	8.93	6.85	8.64	2.22
656	2+075	0.080	59.20	2548.50	2549.60	2550.44	2552.89	0.112	1.10	25.20	9.02	8.03	7.37	2.84
574	2+100	0.085	59.20	2546.50	2547.94	2548.68	2550.42	0.073	1.44	25.20	9.28	6.97	8.49	2.33
492	2+125	0.127	59.20	2544.38	2545.10	2545.73	2547.83	0.155	0.72	35.80	15.20	7.31	8.10	3.20
410	2+150	0.108	59.20	2541.21	2541.80	2542.32	2543.98	0.140	0.59	44.70	18.71	6.55	9.04	3.01
328	2+175	0.080	59.20	2538.50	2539.54	2540.02	2541.20	0.081	1.04	44.80	17.18	5.71	10.36	2.35
246	2+200	0.068	59.20	2536.50	2537.42	2537.91	2539.15	0.082	0.92	45.20	16.57	5.83	10.16	2.38
164	2+225	0.043	59.20	2534.81	2535.90	2536.35	2537.36	0.058	1.09	52.60	15.87	5.35	11.07	2.04
82	2+250		59.20	2533.73	2534.59	2534.91	2535.67	0.069	0.86	57.10	26.50	4.61	12.84	2.11

Tabla A.19 Características hidráulicas de la simulación con Hec-RAS para el Tr = 100 años, con Q=75.55m3/s

Seccion	Progresiva	Pendiente	Caudal	Cota terreno	Elevacion de agua	Elevacion crit. espejo	Elev. G. E	Pendiente G. E.	Tirante	Ancho del cauce	Espejo de agua	Velocidad	Area	Numero de froude
	km	m/m	m3/s	(msnm)	(msnm)	msnm	msnm	m/m	m	m	m	m/s	m2	
7380	0+025	0.104	75.55	2712.91	2714.07	2714.99	2719.14	0.15	1.16	15.00	8.33	9.98	7.57	3.34
7298	0+050	0.122	75.55	2710.31	2711.49	2712.53	2715.49	0.12	1.18	13.60	9.13	8.86	8.53	2.93
7216	0+075	0.090	75.55	2707.25	2708.35	2709.42	2712.44	0.13	1.10	13.50	9.52	8.96	8.43	3.04
7134	0+100	0.072	75.55	2705.00	2706.01	2706.58	2708.89	0.13	1.01	19.10	20.81	7.52	10.16	2.98
7052	0+125	0.078	75.55	2703.21	2704.22	2704.77	2706.14	0.08	1.01	21.00	18.59	6.14	12.32	2.37
6970	0+150	0.091	75.55	2701.27	2702.45	2703.11	2704.47	0.06	1.18	18.40	13.00	6.29	12.00	2.09
6888	0+175	0.069	75.55	2699.00	2700.24	2700.96	2702.73	0.08	1.24	18.20	13.25	6.98	10.82	2.47
6806	0+200	0.060	75.55	2697.28	2698.39	2699.16	2700.69	0.08	1.11	17.70	13.98	6.73	11.23	2.40
6724	0+225	0.129	75.55	2695.78	2696.86	2697.53	2698.80	0.07	1.08	22.80	15.48	6.18	12.23	2.22
6642	0+250	0.092	75.55	2692.56	2693.63	2694.41	2696.66	0.10	1.07	17.00	12.25	7.70	9.81	2.75
6560	0+275	0.070	75.55	2690.25	2691.61	2692.51	2694.51	0.07	1.36	12.50	9.14	7.53	10.03	2.29
6478	0+300	0.064	75.55	2688.50	2690.01	2690.85	2692.67	0.07	1.51	15.50	10.57	7.22	10.47	2.32
6396	0+325	0.088	75.55	2686.90	2687.83	2688.62	2690.50	0.11	0.93	17.90	14.97	7.25	10.42	2.77
6314	0+350	0.088	75.55	2684.71	2686.15	2686.93	2688.54	0.06	1.44	13.90	9.89	6.84	11.05	2.06
6232	0+375	0.088	75.55	2682.50	2683.68	2684.53	2686.76	0.09	1.18	19.40	10.09	7.78	9.71	2.53
6150	0+400	0.078	75.55	2680.31	2681.57	2682.41	2684.63	0.08	1.26	15.50	10.06	7.75	9.74	2.52
6068	0+425	0.074	75.55	2678.35	2679.86	2680.71	2682.73	0.07	1.51	18.90	8.55	7.51	10.06	2.21
5986	0+450	0.066	75.55	2676.50	2677.94	2678.84	2681.01	0.07	1.44	12.00	8.30	7.77	9.73	2.29
5904	0+475	0.135	75.55	2674.85	2676.17	2677.08	2679.12	0.08	1.32	14.60	9.94	7.60	9.94	2.43
5822	0+500	0.079	75.55	2671.47	2672.65	2673.62	2676.60	0.12	1.18	15.00	9.71	8.81	8.58	2.99
5740	0+525	0.108	75.55	2669.49	2670.53	2671.31	2673.51	0.10	1.04	26.60	12.43	7.65	9.88	2.74
5658	0+550	0.110	75.55	2666.79	2667.93	2668.70	2670.95	0.10	1.14	15.90	12.33	7.69	9.83	2.75
5576	0+575	0.126	75.55	2664.05	2665.42	2666.22	2668.47	0.10	1.37	17.00	11.39	7.72	9.78	2.66
5494	0+600	0.056	75.55	2660.89	2662.19	2663.12	2665.86	0.11	1.30	18.70	9.57	8.48	8.91	2.81
5412	0+625	0.101	75.55	2659.50	2660.74	2661.49	2663.38	0.07	1.24	17.00	10.53	7.20	10.50	2.30
5330	0+650	0.089	75.55	2656.98	2658.35	2659.24	2661.48	0.08	1.37	14.00	8.71	7.84	9.64	2.38
5248	0+675	0.090	75.55	2654.76	2656.16	2657.10	2659.49	0.08	1.40	11.00	7.96	8.08	9.35	2.38
5166	0+700	0.060	75.55	2652.50	2653.88	2655.07	2657.37	0.09	1.38	11.50	8.21	8.28	9.13	2.51
5084	0+725	0.097	75.55	2651.00	2652.39	2653.26	2655.22	0.07	1.39	13.20	9.39	7.46	10.13	2.29
5002	0+750	0.095	75.55	2648.57	2650.20	2651.40	2653.37	0.08	1.63	11.50	8.46	7.89	9.57	2.37

Seccion	Progresiva	Pendiente	Caudal	Cota terreno	Elevacion de agua	Elevacion crit. espejo	Elev. G. E	Pendiente G. E.	Tirante	Ancho del cauce	Espejo de agua	Velocidad	Area	Numero de froude
	km	m/m	m3/s	(msnm)	(msnm)	msnm	msnm	m/m	m	m	m	m/s	m2	
4920	0+775	0.074	75.55	2646.19	2647.45	2648.40	2651.13	0.10	1.26	13.00	9.18	8.50	8.89	2.76
4838	0+800	0.078	75.55	2644.33	2645.67	2646.96	2648.71	0.08	1.34	14.50	9.37	7.73	9.78	2.42
4756	0+825	0.101	75.55	2642.38	2643.72	2644.51	2646.76	0.08	1.34	11.70	9.46	7.72	9.78	2.42
4674	0+850	0.094	75.55	2639.85	2641.31	2642.61	2644.72	0.08	1.46	10.00	8.04	8.18	9.24	2.43
4592	0+875	0.111	75.55	2637.50	2638.75	2639.70	2642.44	0.10	1.25	11.60	8.64	8.51	8.88	2.68
4510	0+900	0.054	75.55	2634.73	2635.48	2636.01	2638.48	0.25	0.75	11.30	28.40	8.85	10.19	3.99
4428	0+925	0.058	75.55	2633.39	2634.80	2635.14	2635.96	0.04	1.41	9.10	46.86	5.13	18.79	1.66
4346	0+950	0.037	75.55	2631.93	2633.38	2633.85	2634.99	0.04	1.45	10.50	26.84	5.75	14.98	1.65
4264	0+975	0.020	75.55	2631.00	2632.32	2632.82	2634.03	0.04	1.32	11.00	23.23	5.90	14.21	1.73
4182	1+000	0.033	75.55	2630.50	2631.78	2632.08	2632.85	0.04	1.28	9.00	38.89	5.13	18.81	1.69
4100	1+025	0.027	75.55	2629.67	2631.04	2631.29	2631.90	0.03	1.37	10.00	45.52	4.68	21.32	1.54
4018	1+050	0.020	75.55	2629.00	2630.75	2630.91	2631.31	0.01	1.75	8.40	48.35	3.75	27.20	1.05
3936	1+075	0.020	75.55	2628.50	2630.10	2630.32	2630.84	0.02	1.60	8.00	42.29	4.27	22.49	1.36
3854	1+100	0.020	75.55	2628.00	2630.50	2629.89	2630.56	0.00	2.50	8.00	94.11	1.36	79.07	0.33
3772	1+125	0.040	75.55	2627.50	2630.50		2630.53	0.00	3.00	9.30	112.56	0.99	107.50	0.22
3690	1+150	0.035	75.55	2626.50	2629.33	2629.33	2630.38	0.02	2.83	9.50	7.99	4.55	16.60	1.01
3608	1+175	0.025	75.55	2625.62	2626.93	2627.77	2629.51	0.06	1.31	13.50	10.05	7.12	10.60	2.21
3526	1+200	0.020	75.55	2625.00	2626.89	2627.25	2628.23	0.02	1.89	11.50	10.06	5.14	14.70	1.36
3444	1+225	0.020	75.55	2624.50	2626.28	2626.79	2627.62	0.03	1.78	12.80	11.68	5.11	14.78	1.45
3362	1+250	0.020	75.55	2624.00	2625.69	2626.18	2626.95	0.03	1.69	14.00	12.28	4.97	15.20	1.43
3280	1+275	0.027	75.55	2623.50	2625.78	2625.78	2626.50	0.01	2.28	15.60	14.10	3.76	20.07	1.01
3198	1+300	0.053	75.55	2622.83	2625.04	2625.33	2626.11	0.02	2.21	16.80	10.58	4.57	16.53	1.17
3116	1+325	0.000	75.55	2621.50	2623.29	2623.95	2625.38	0.04	1.79	17.50	8.23	6.41	11.79	1.71
3034	1+350	0.024	75.55	2621.50	2622.77	2623.23	2624.28	0.04	1.27	26.00	12.68	5.43	13.92	1.65
2952	1+375	0.036	75.55	2620.90	2623.02	2623.02	2623.83	0.01	2.12	23.00	11.80	3.98	18.98	1.00
2870	1+400	0.098	75.55	2620.00	2622.11	2622.45	2623.38	0.02	2.11	28.20	10.12	4.98	15.18	1.30
2788	1+425	0.062	75.55	2617.56	2618.70	2619.46	2622.04	0.15	1.14	26.70	14.35	8.09	9.34	3.20
2706	1+450	0.060	75.55	2616.00	2617.76	2618.42	2619.88	0.04	1.76	18.60	9.01	6.45	11.72	1.80
2624	1+475	0.048	75.55	2614.50	2616.05	2616.82	2618.59	0.06	1.55	23.40	9.47	7.07	10.69	2.12
2542	1+500	0.112	75.55	2613.31	2614.87	2615.55	2617.09	0.05	1.56	22.40	10.72	6.61	11.43	2.04

Seccion	Progresiva	Pendiente	Caudal	Cota terreno	Elevacion de agua	Elevacion crit. espejo	Elev. G. E	Pendiente G. E.	Tirante	Ancho del cauce	Espejo de agua	Velocidad	Area	Numero de froude
	km	m/m	m3/s	(msnm)	(msnm)	(msnm)	(msnm)	m/m	m	m	m	m/s	m2	
2460	1+525	0.091	75.55	2610.51	2612.07	2612.96	2615.32	0.09	1.56	20.50	9.27	7.98	9.47	2.52
2378	1+550	0.140	75.55	2608.23	2609.34	2610.23	2612.87	0.11	1.11	25.20	10.52	8.33	9.08	2.86
2296	1+575	0.173	75.55	2604.73	2605.81	2606.74	2609.76	0.14	1.08	28.90	10.49	8.80	8.58	3.11
2214	1+600	0.136	75.55	2600.40	2601.45	2602.41	2605.91	0.17	1.05	38.90	11.00	9.35	8.08	3.48
2132	1+625	0.118	75.55	2596.99	2598.14	2599.15	2602.22	0.12	1.15	40.20	9.30	8.94	8.45	3.00
2050	1+650	0.090	75.55	2594.04	2595.75	2596.81	2599.57	0.09	1.71	37.20	7.28	8.66	8.73	2.53
1968	1+675	0.124	75.55	2591.79	2592.73	2593.67	2596.78	0.14	0.94	37.50	10.65	8.91	8.47	3.19
1886	1+700	0.118	75.55	2588.70	2589.54	2590.34	2593.00	0.14	0.84	44.30	13.55	8.24	9.17	3.20
1804	1+725	0.103	75.55	2585.75	2586.69	2587.45	2589.69	0.11	0.94	58.80	13.41	7.66	9.86	2.85
1722	1+750	0.102	75.55	2583.17	2583.92	2584.51	2586.42	0.14	0.75	64.90	20.16	7.00	10.79	3.06
1640	1+775	0.065	75.55	2580.62	2581.86	2582.44	2583.88	0.07	1.24	63.70	15.40	6.30	12.00	2.28
1558	1+800	0.059	75.55	2579.00	2580.46	2581.08	2582.46	0.05	1.46	44.70	11.18	6.26	12.07	1.92
1476	1+825	0.220	75.55	2577.53	2579.27	2579.94	2581.33	0.04	1.74	38.80	9.64	6.36	11.88	1.83
1394	1+850	0.142	75.55	2572.02	2573.02	2574.12	2578.87	0.22	1.00	46.80	9.60	10.71	7.05	3.99
1312	1+875	0.079	75.55	2568.47	2569.54	2570.50	2573.87	0.15	1.07	39.40	10.42	9.22	8.19	3.32
1230	1+900	0.107	75.55	2566.50	2567.53	2568.30	2570.44	0.10	1.03	50.10	12.48	7.55	10.01	2.69
1148	1+925	0.114	75.55	2563.82	2564.91	2565.74	2567.99	0.10	1.09	54.00	11.33	7.77	9.72	2.68
1066	1+950	0.099	75.55	2560.98	2562.19	2563.10	2565.58	0.09	1.21	48.10	9.75	8.15	9.27	2.67
984	1+975	0.093	75.55	2558.50	2559.64	2560.50	2563.05	0.11	1.14	43.90	10.93	8.18	9.24	2.84
902	2+000	0.080	75.55	2556.18	2557.15	2557.87	2560.07	0.12	0.97	31.50	14.45	7.57	9.98	2.91
820	2+025	0.108	75.55	2554.17	2555.22	2555.83	2557.44	0.08	1.05	34.80	15.29	6.60	11.45	2.44
738	2+050	0.119	75.55	2551.48	2552.90	2553.71	2555.60	0.06	1.42	13.80	9.53	7.27	10.40	2.22
656	2+075	0.080	75.55	2548.50	2549.77	2550.71	2553.46	0.11	1.27	25.20	9.55	8.51	8.88	2.82
574	2+100	0.085	75.55	2546.50	2548.10	2548.94	2550.98	0.08	1.60	25.20	10.09	7.52	10.05	2.41
492	2+125	0.127	75.55	2544.38	2545.20	2545.93	2548.37	0.15	0.82	35.80	15.58	7.88	9.59	3.21
410	2+150	0.108	75.55	2541.21	2541.87	2542.49	2544.55	0.14	0.66	44.70	18.93	7.24	10.43	3.12
328	2+175	0.080	75.55	2538.50	2539.64	2540.18	2541.60	0.09	1.14	44.80	18.54	6.20	12.19	2.44
246	2+200	0.068	75.55	2536.50	2537.53	2538.10	2539.51	0.08	1.03	45.20	17.66	6.23	12.12	2.40
164	2+225	0.043	75.55	2534.81	2536.03	2536.54	2537.72	0.06	1.22	52.60	16.93	5.76	13.11	2.09
82	2+250		75.55	2533.73	2534.66	2535.05	2535.99	0.07	0.93	57.10	27.18	5.10	14.81	2.21

ANEXO B

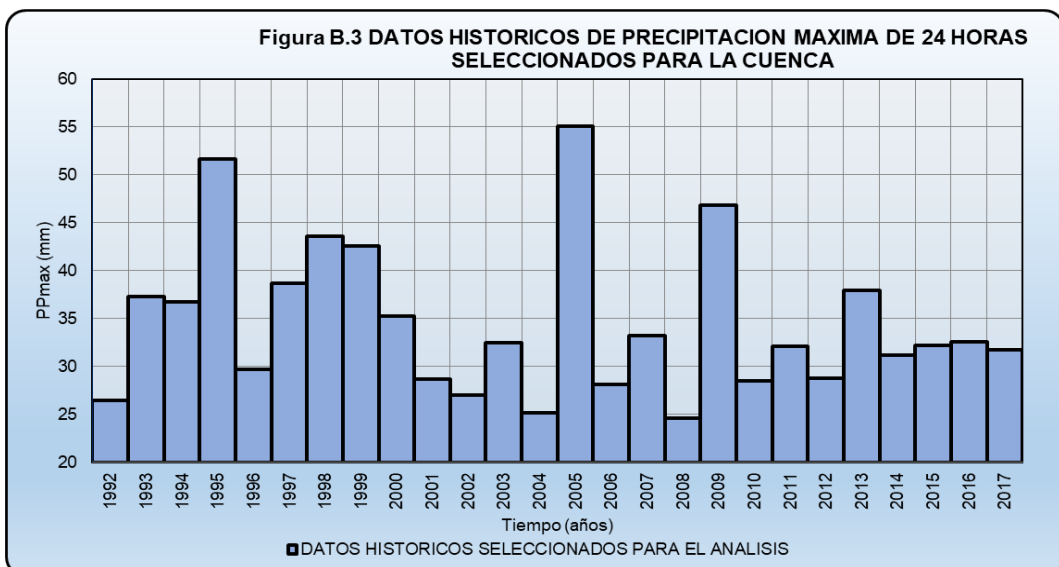
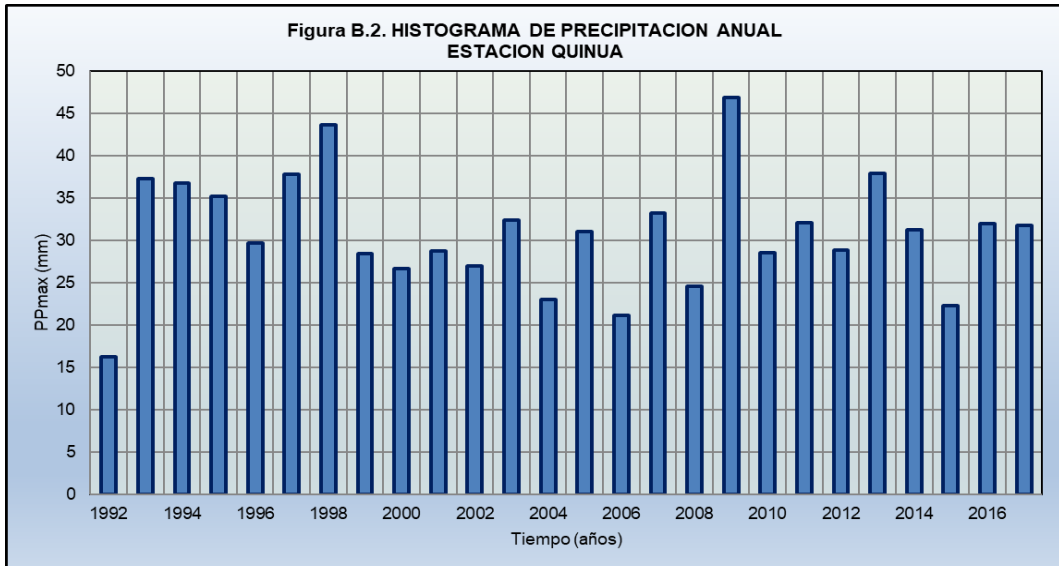
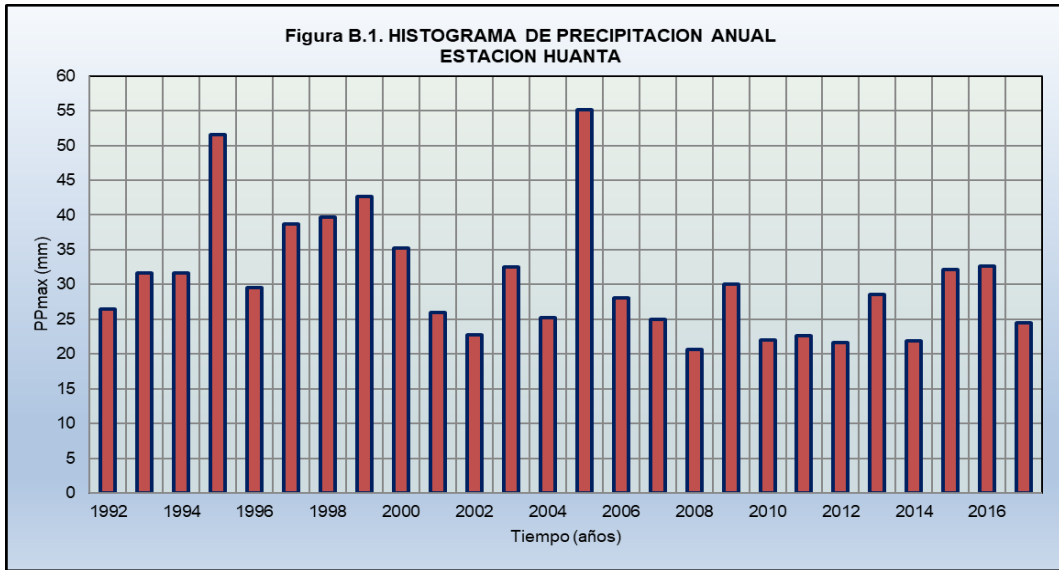


Figura B.4.a. REGRESION POTENCIAL PARA Tr=2años

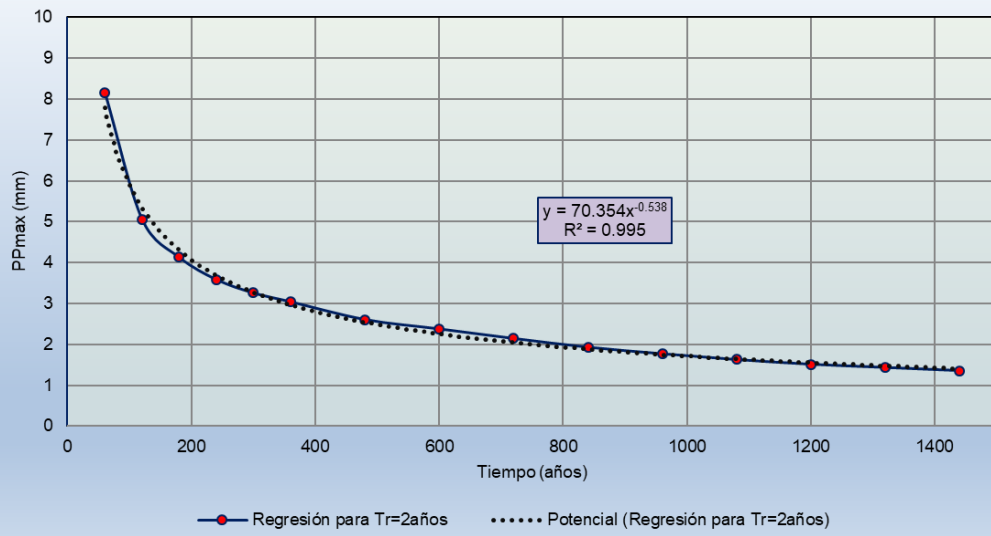


Figura B.4.b. REGRESION POTENCIAL PARA Tr=5años

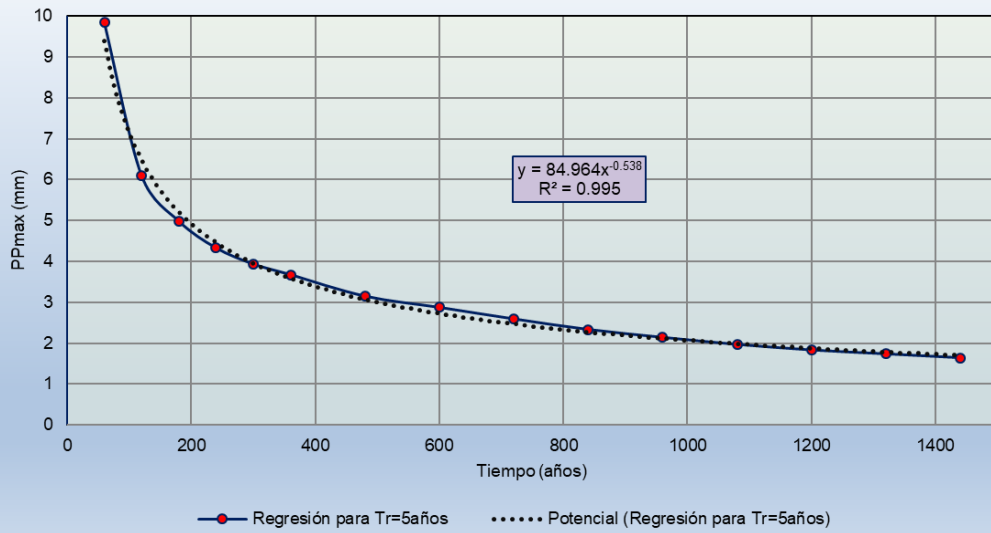


Figura B.4.c. REGRESION POTENCIAL PARA Tr=10años

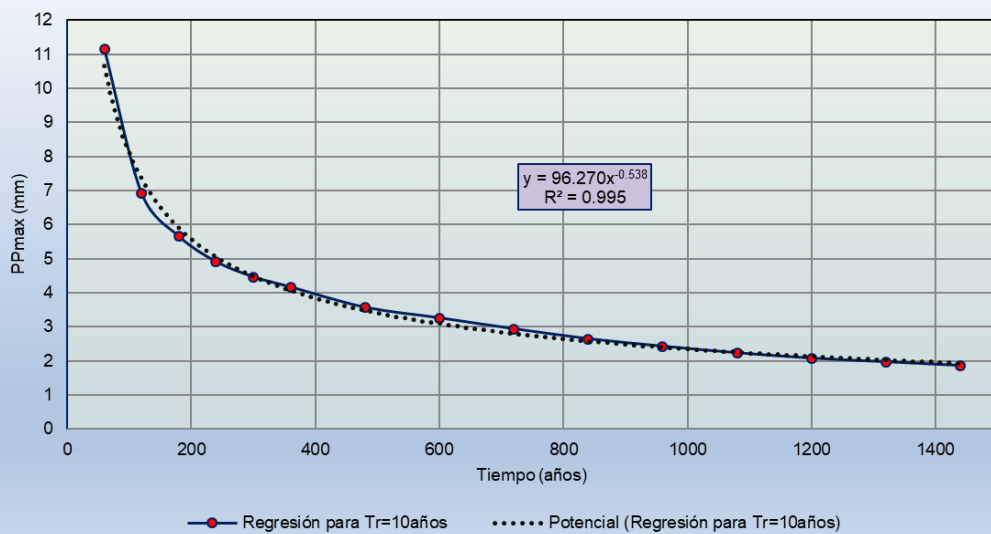


Figura B.4.d. REGRESION POTENCIAL PARA Tr=25años

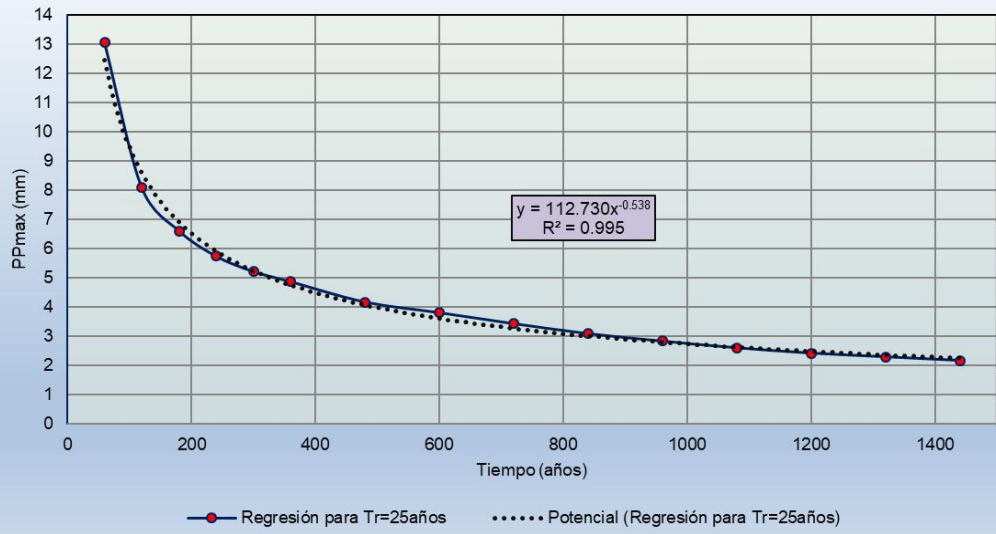


Figura B.4.e. REGRESION POTENCIAL PARA Tr=50años

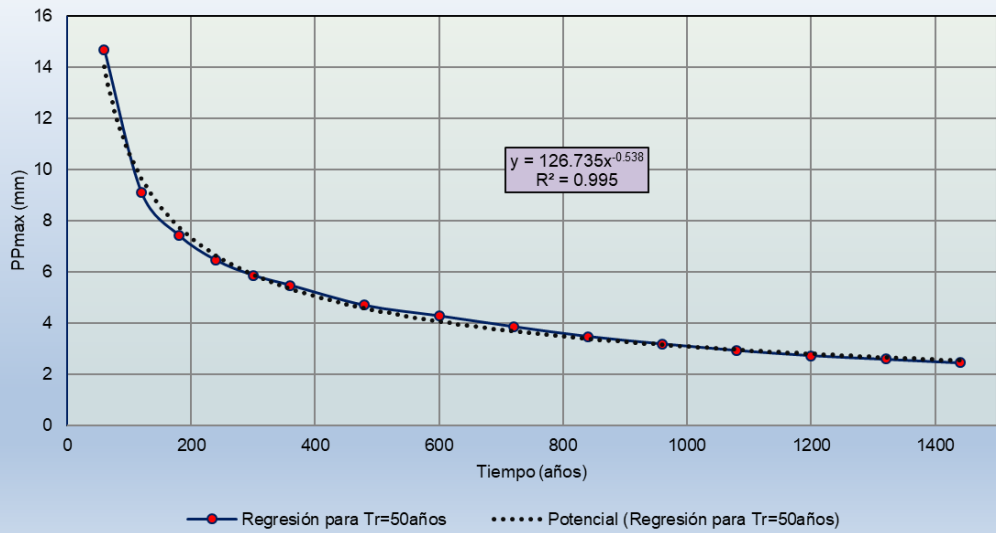


Figura B.4.f. REGRESION POTENCIAL PARA Tr=100años

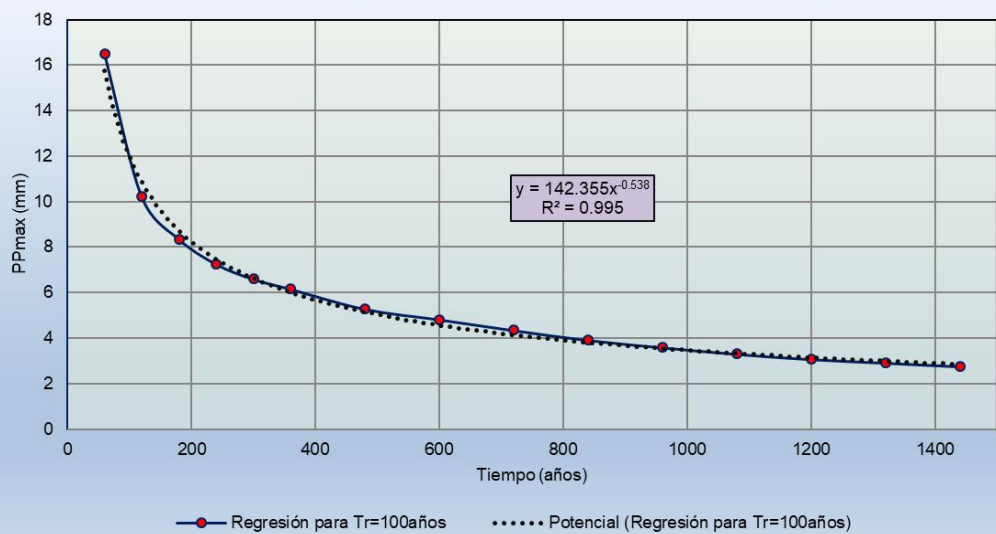


Figura B.4.g. REGRESION POTENCIAL PARA Tr=200años

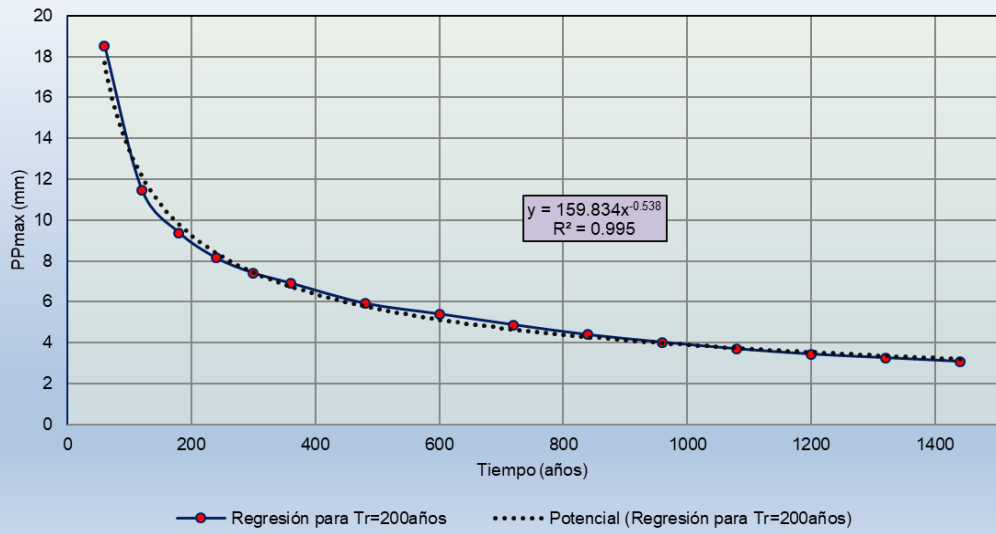


Figura B.4.h. REGRESION POTENCIAL PARA Tr=500años

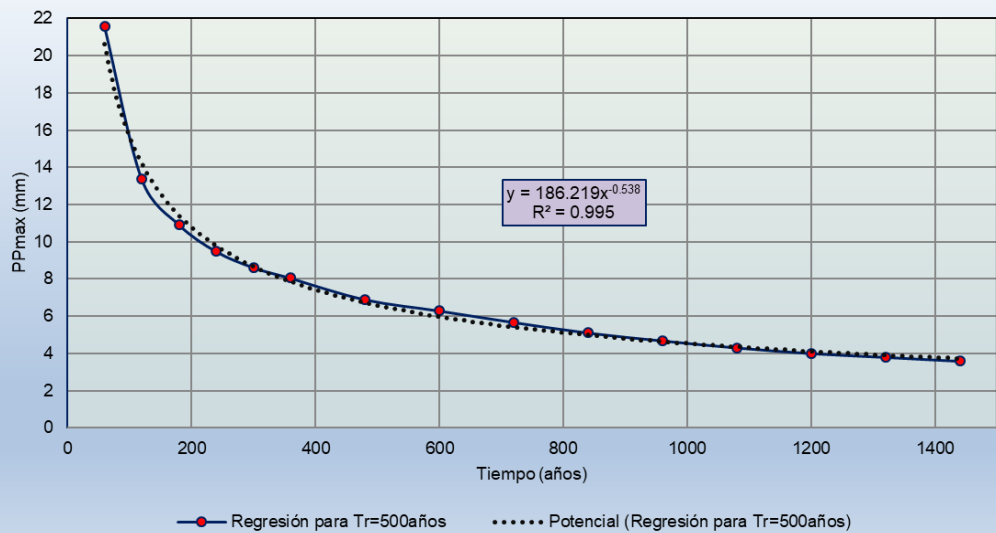


FIGURA B.5 CURVAS I-D-F para 24horas ≈ 1día

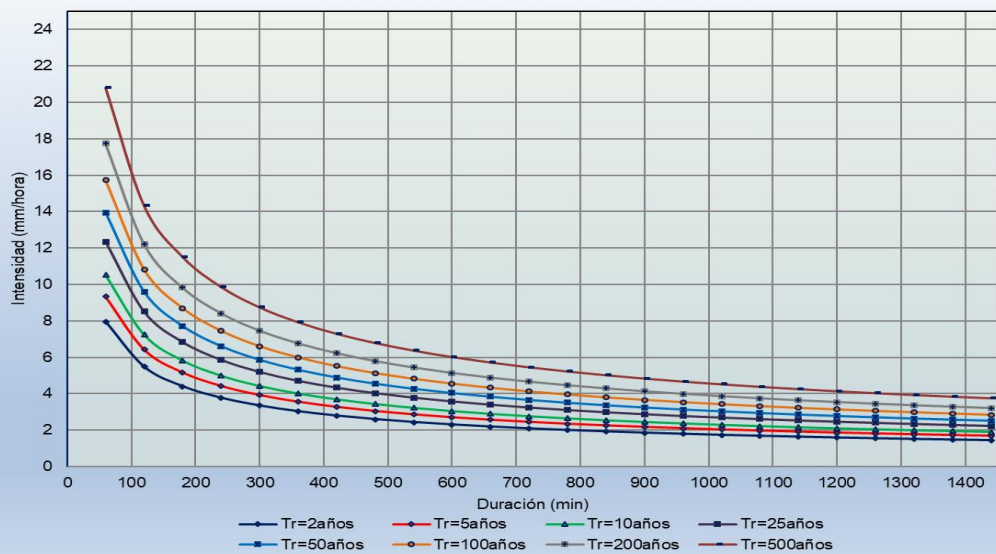


Figura B.6.a. HIETOGRAMA DE DISEÑO PARA $Tr=10$ años

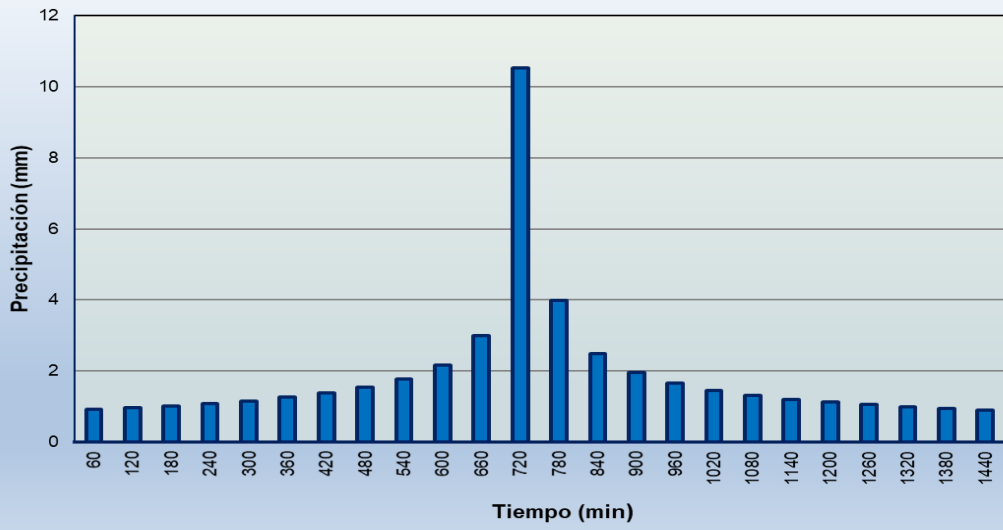


Figura B.6.b. HIETOGRAMA DE DISEÑO PARA $Tr=25$ años

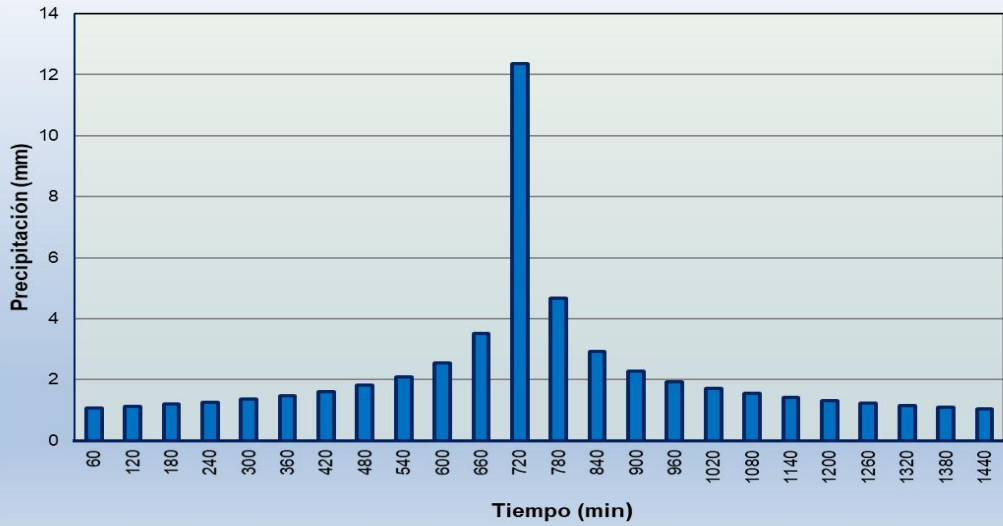


Figura B.6.c. HIETOGRAMA DE DISEÑO PARA $Tr=50$ años

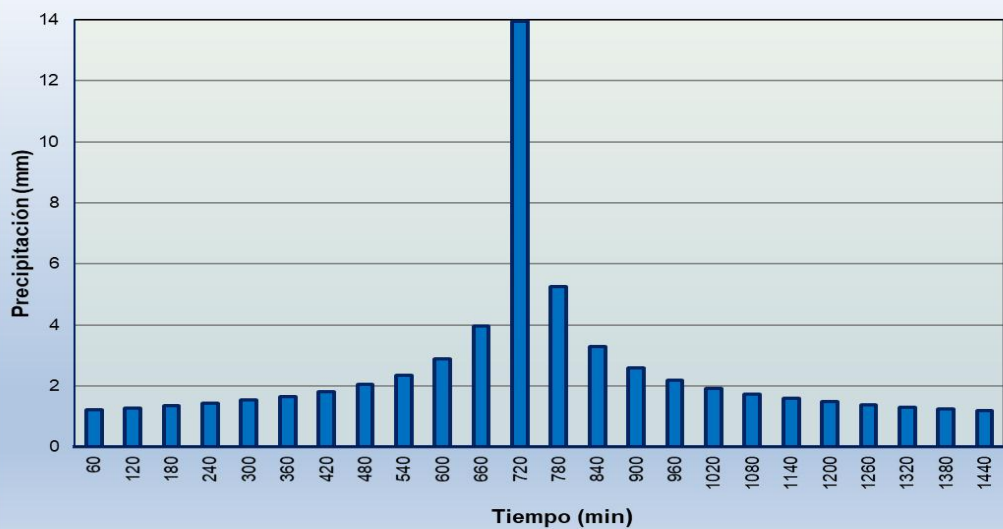
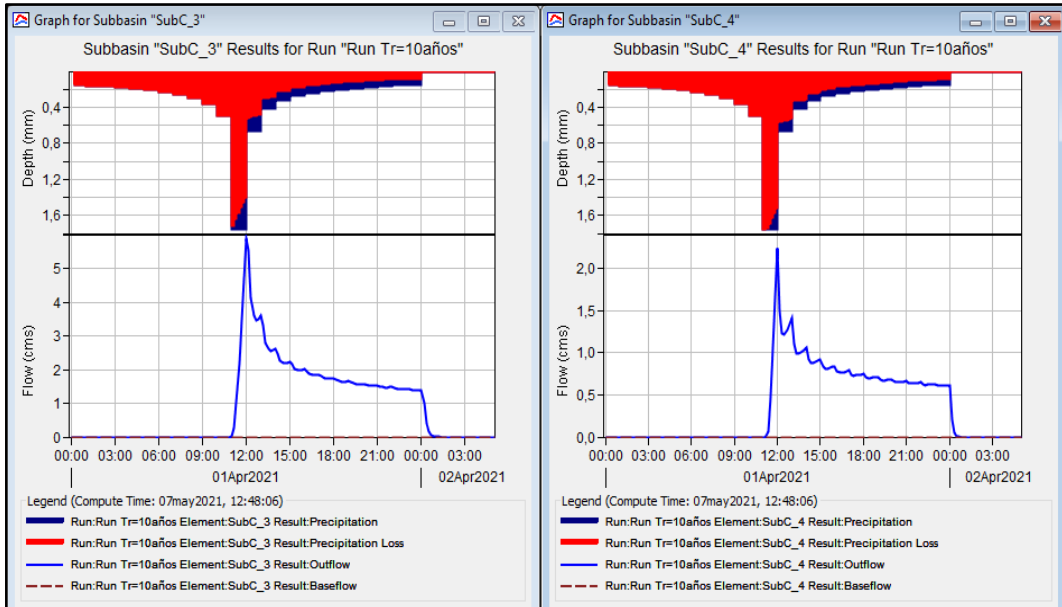
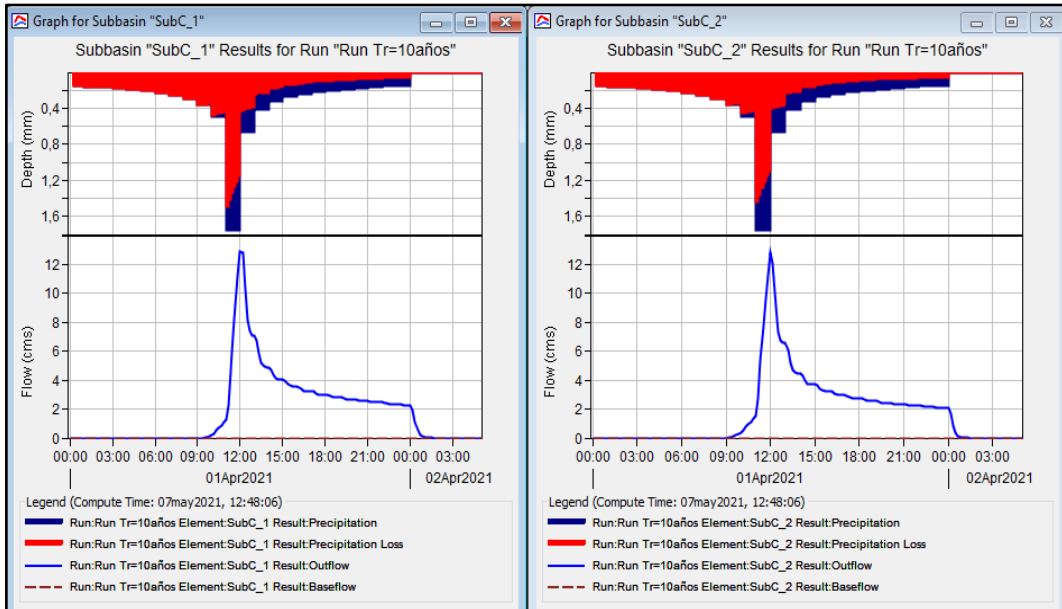
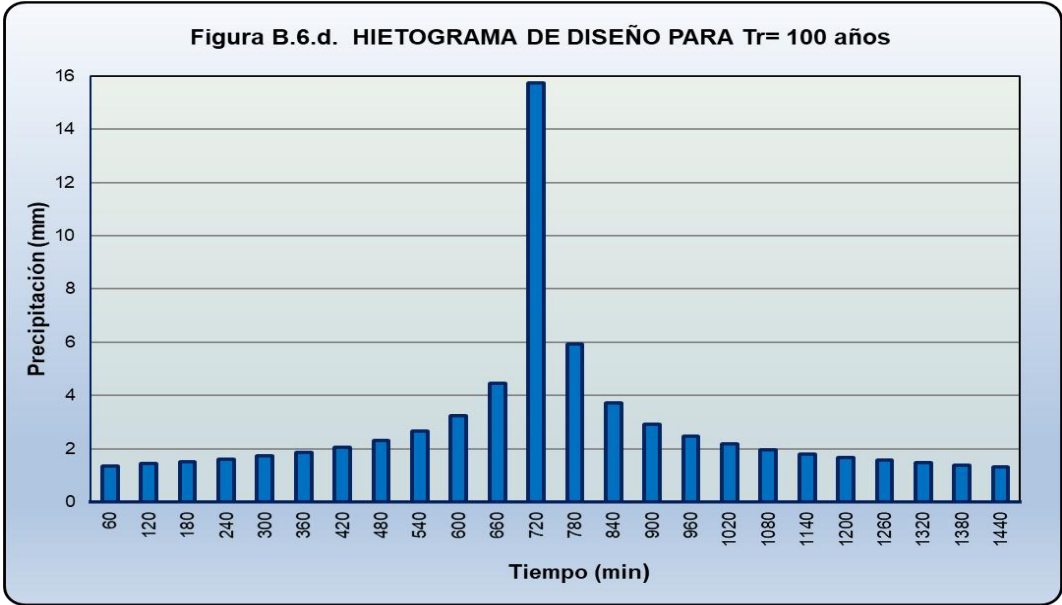
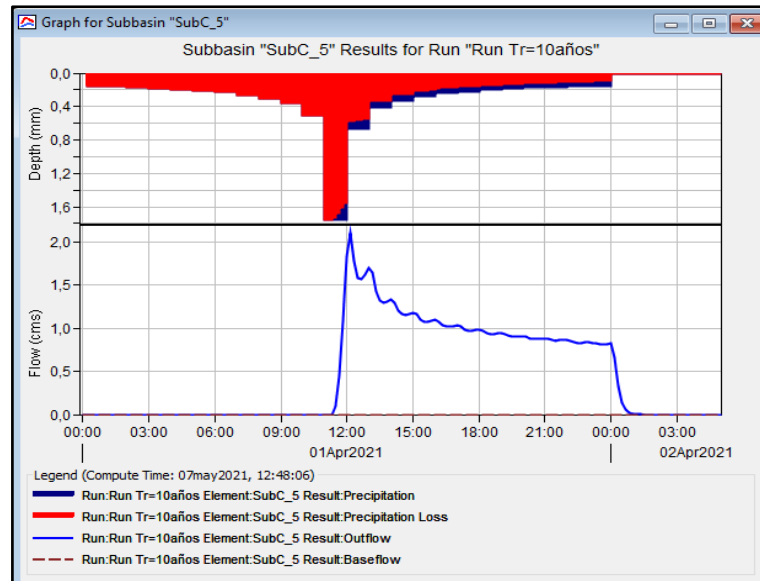
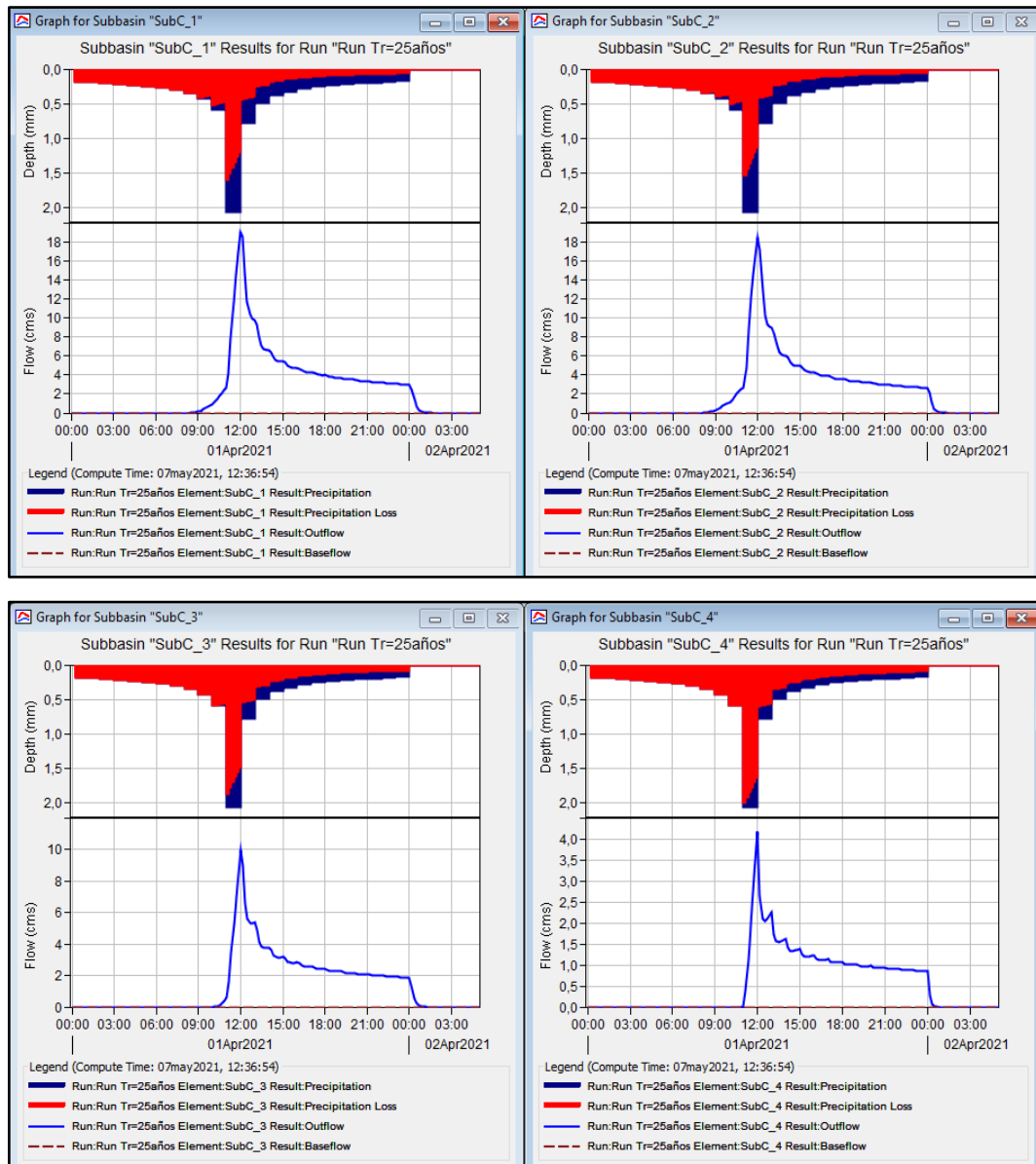


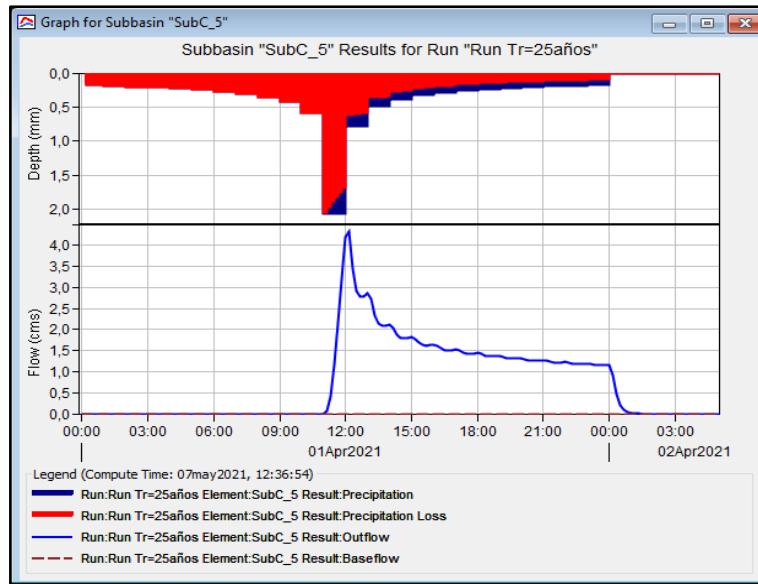
Figura B.6.d. HIETOGRAMA DE DISEÑO PARA Tr= 100 años



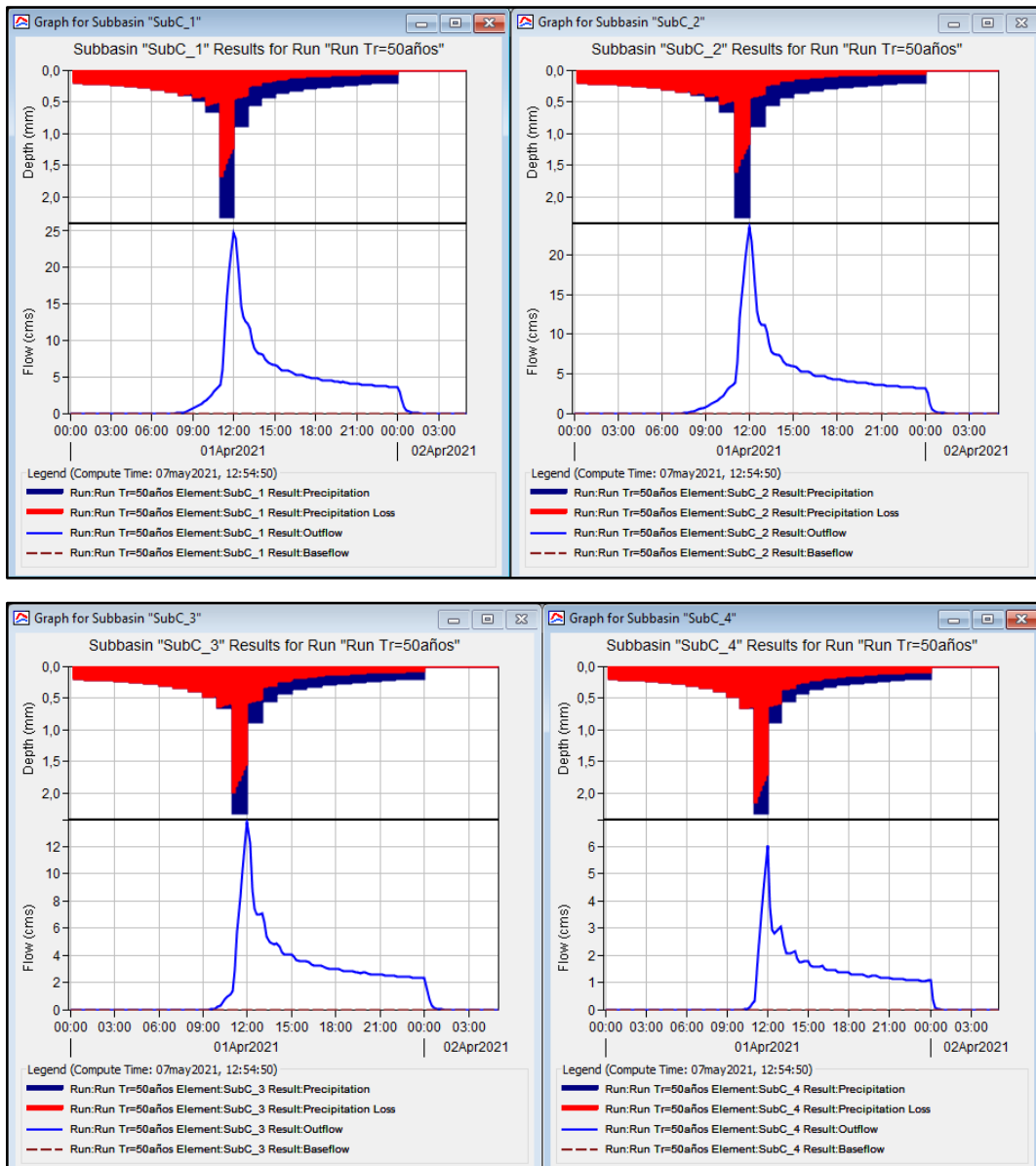


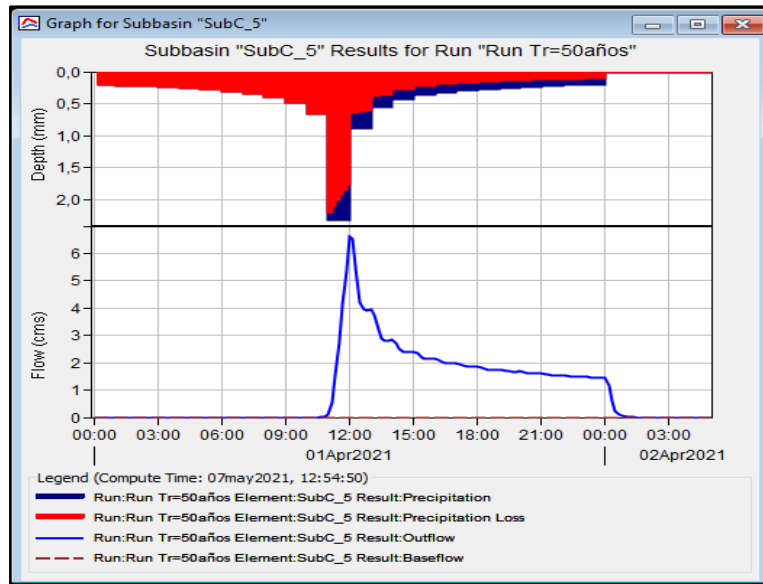
Figuras B.7 Hidrogramas a la salida de las subcuencas 1, 2, 3, 4 y 5 para Tr=10 años



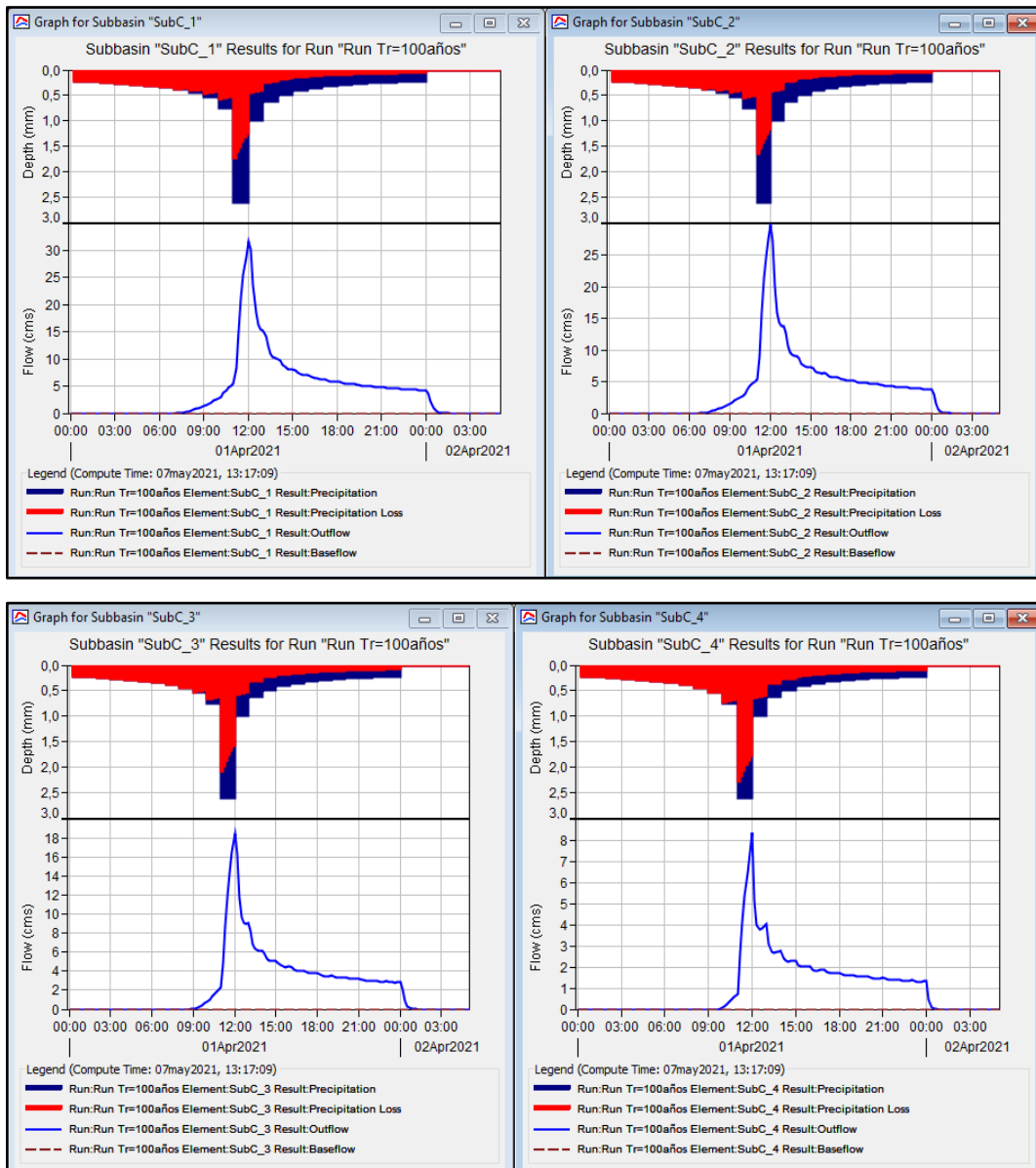


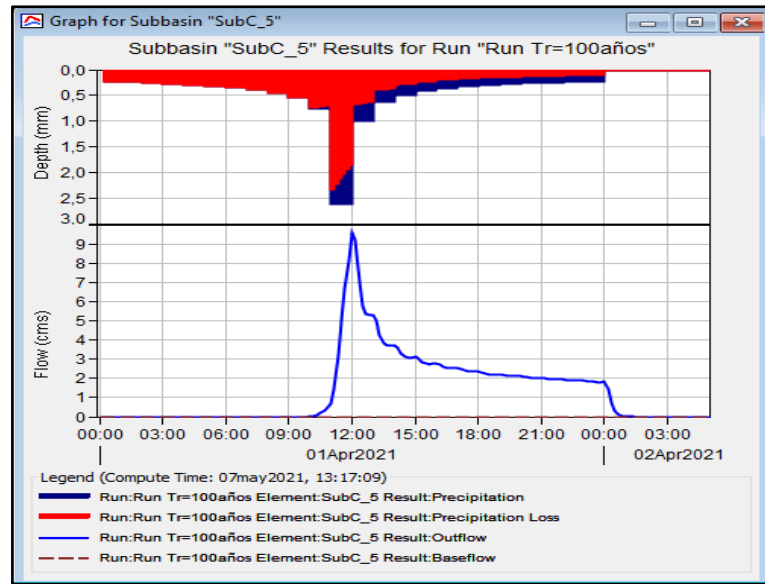
Figuras B.8 Hidrogramas a la salida de las subcuencas 1, 2, 3, 4 y 5 para Tr=25 años





Figuras B.9 Hidrogramas a la salida de las subcuencas 1, 2, 3, 4 y 5 para Tr=50 años





Figuras B.10 Hidrogramas a la salida de las subcuencas 1, 2, 3, 4 y 5 para Tr=100 años

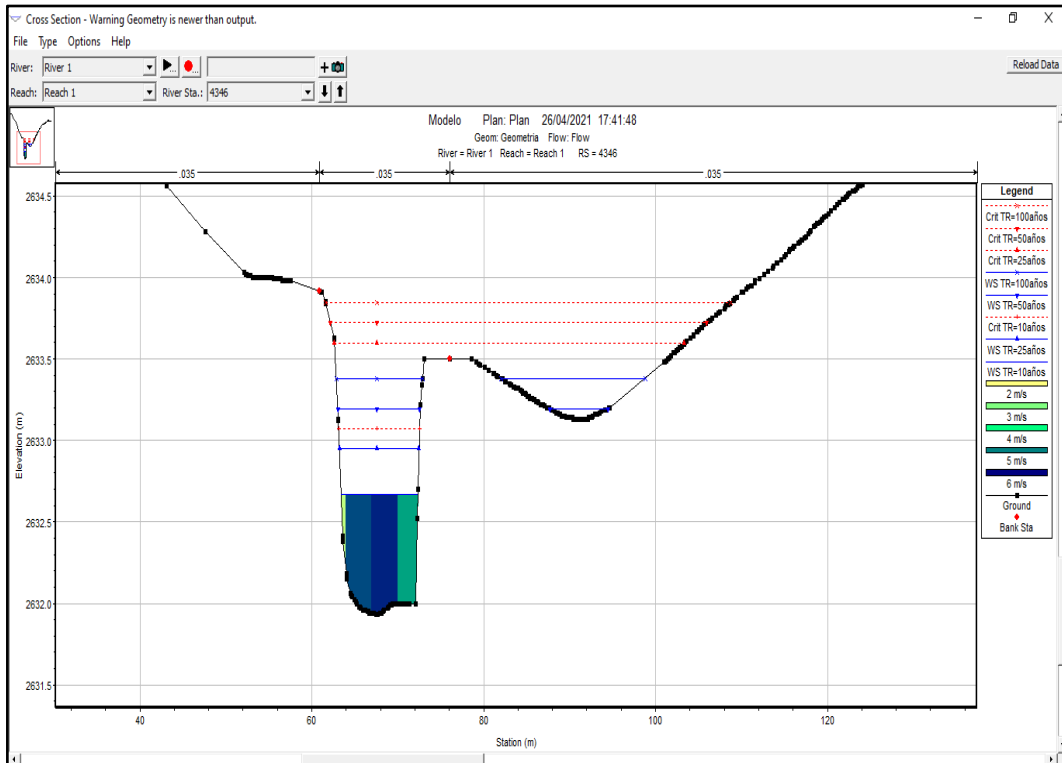


Figura B.11. Sección transversal km 0+950 o 4346

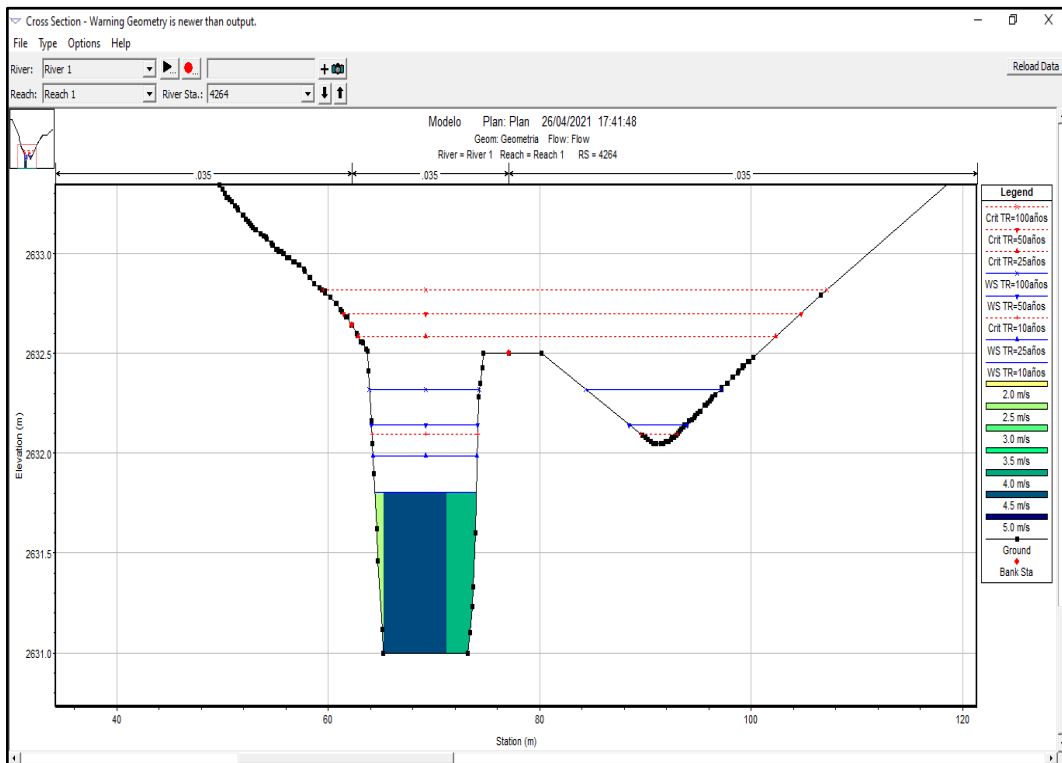


Figura B.12. Sección transversal km 0+975 o 4264

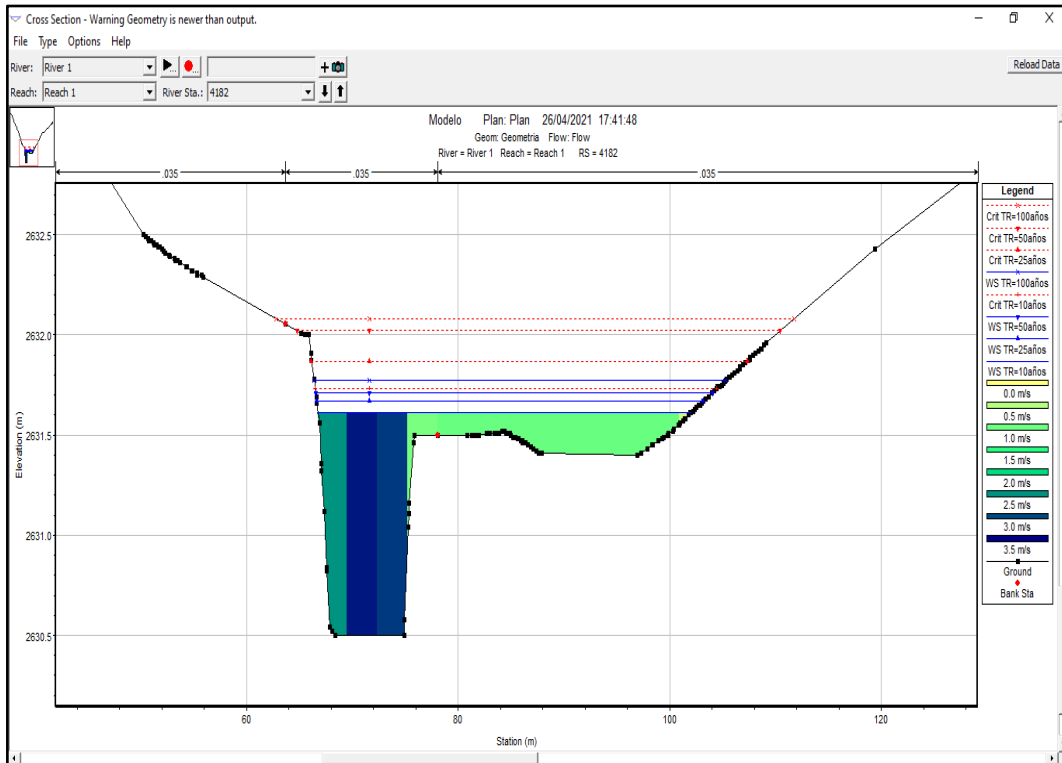


Figura B.13. Sección transversal km 1+000 o 4182

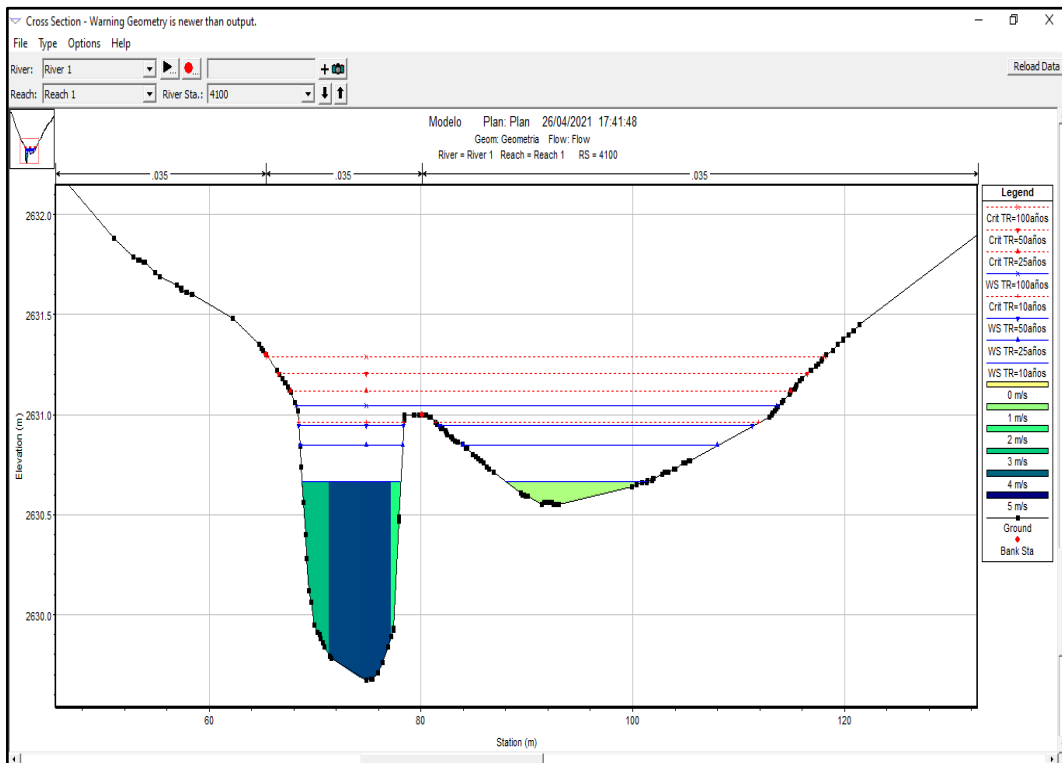


Figura B.14. Sección transversal km 1+025 o 4100

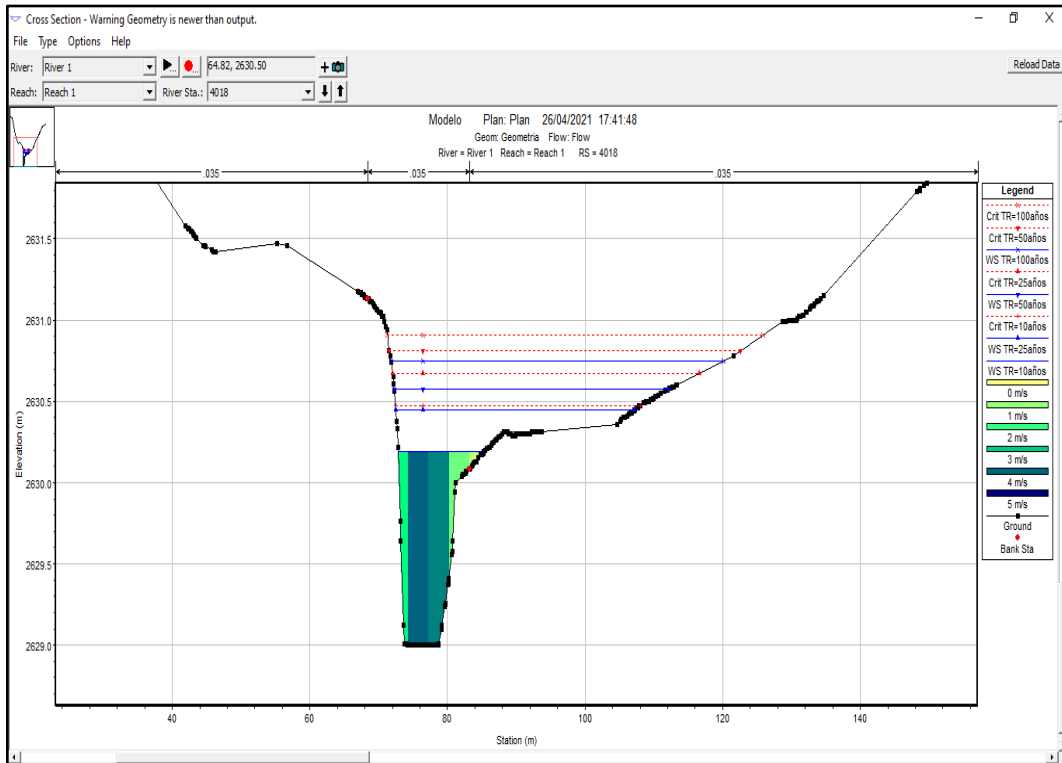


Figura B.15. Sección transversal km 1+050 o 4018

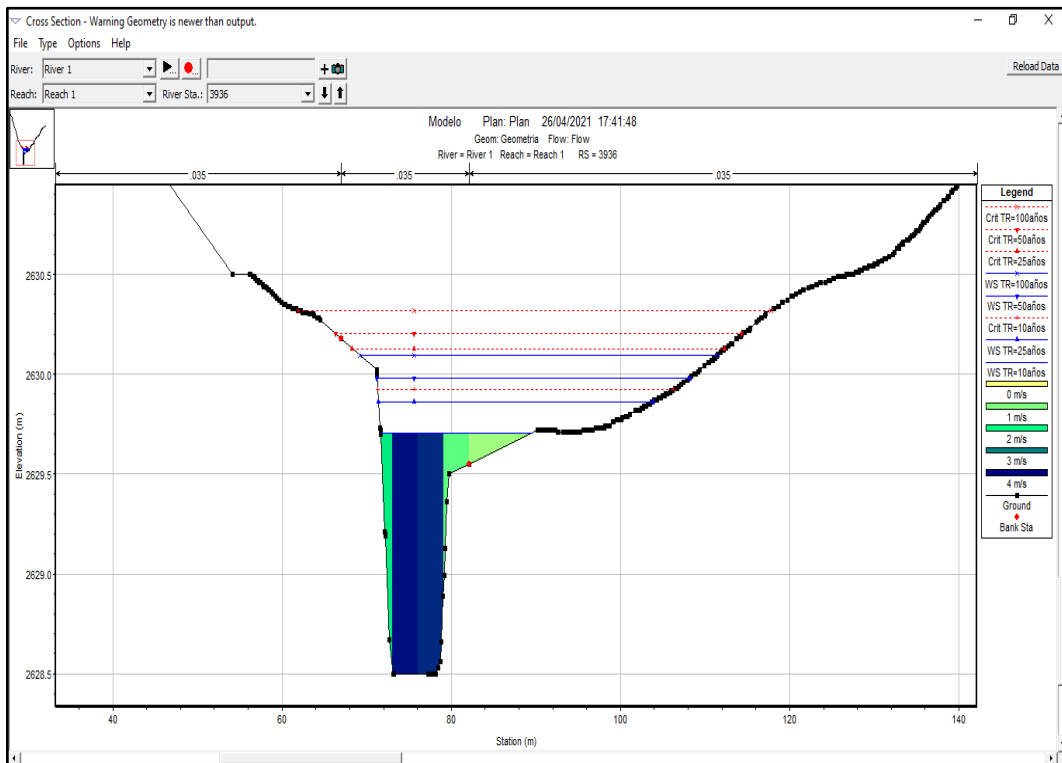


Figura B.16. Sección transversal km 1+075 o 3936

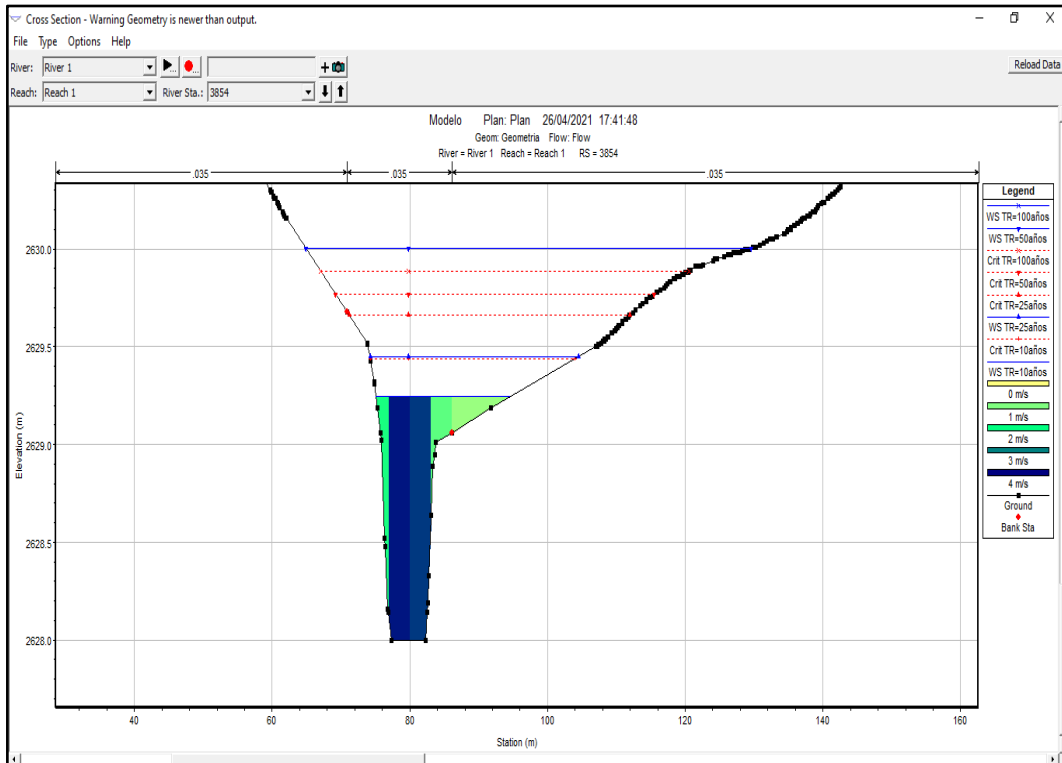


Figura B.17. Sección transversal km 1+100 o 3854

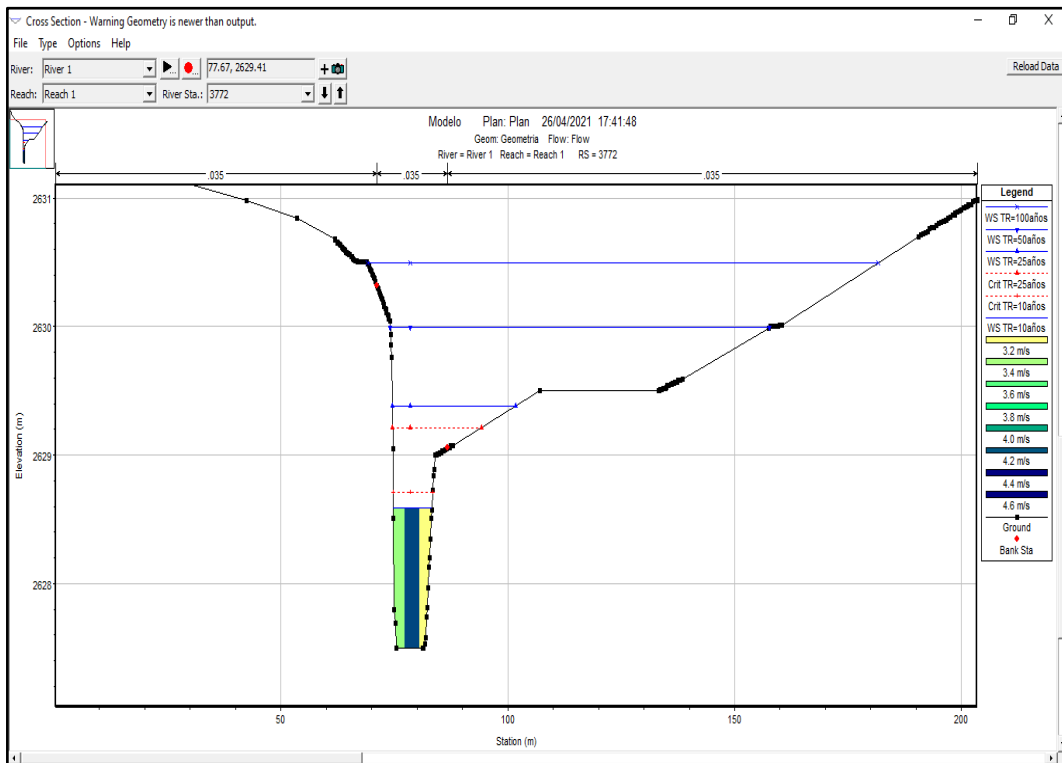


Figura B.18. Sección transversal km 1+125 o 3772

ANEXO C
Panel fotográfico

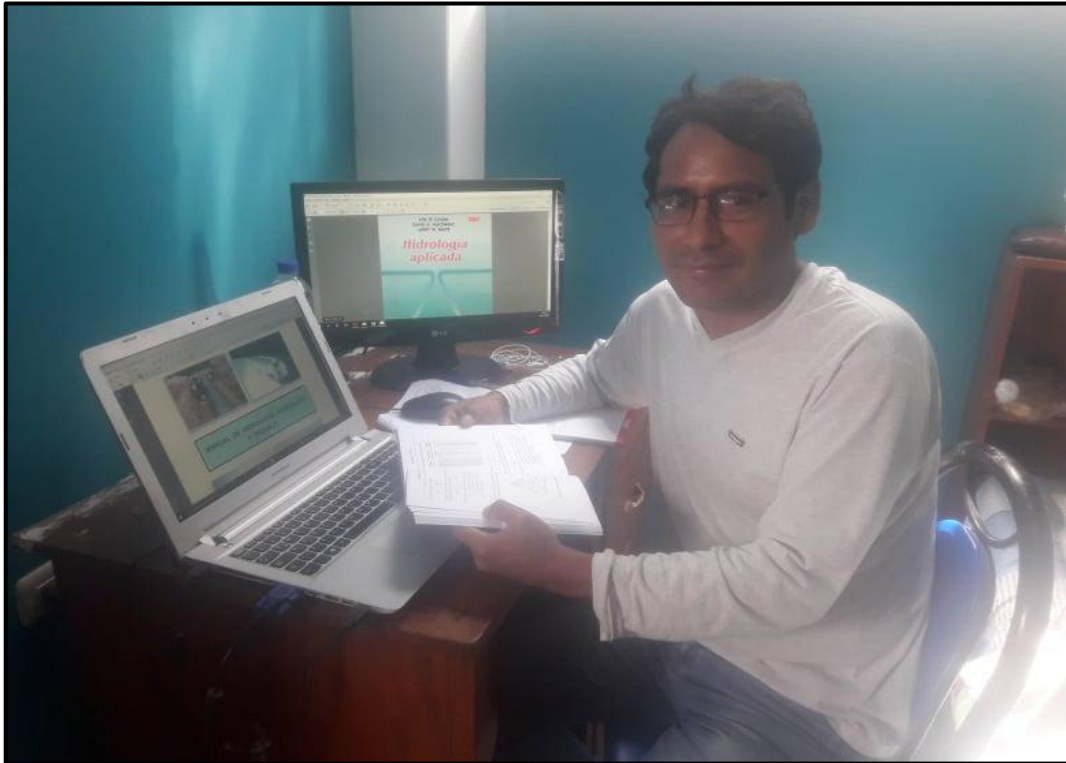


Figura C.1. Recopilación de información.

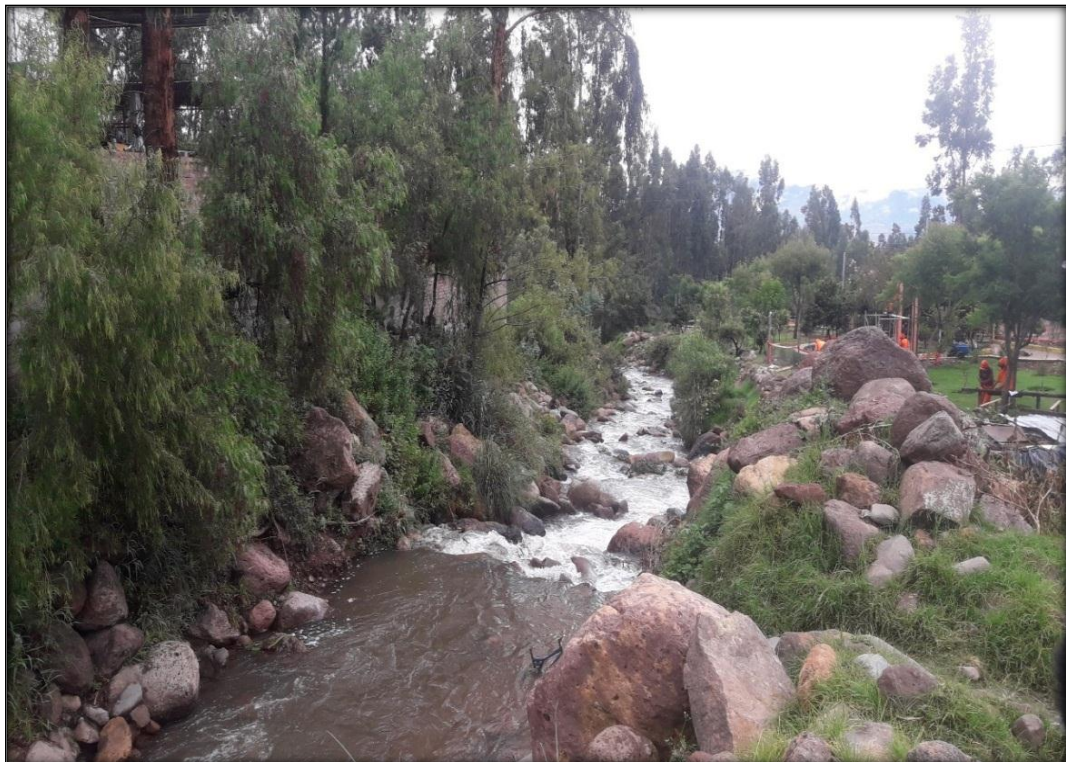


Figura C.2. Características físicas del río Accoscca.



Figura C.3. Estacionamiento de la estación total para el levantamiento topográfico.



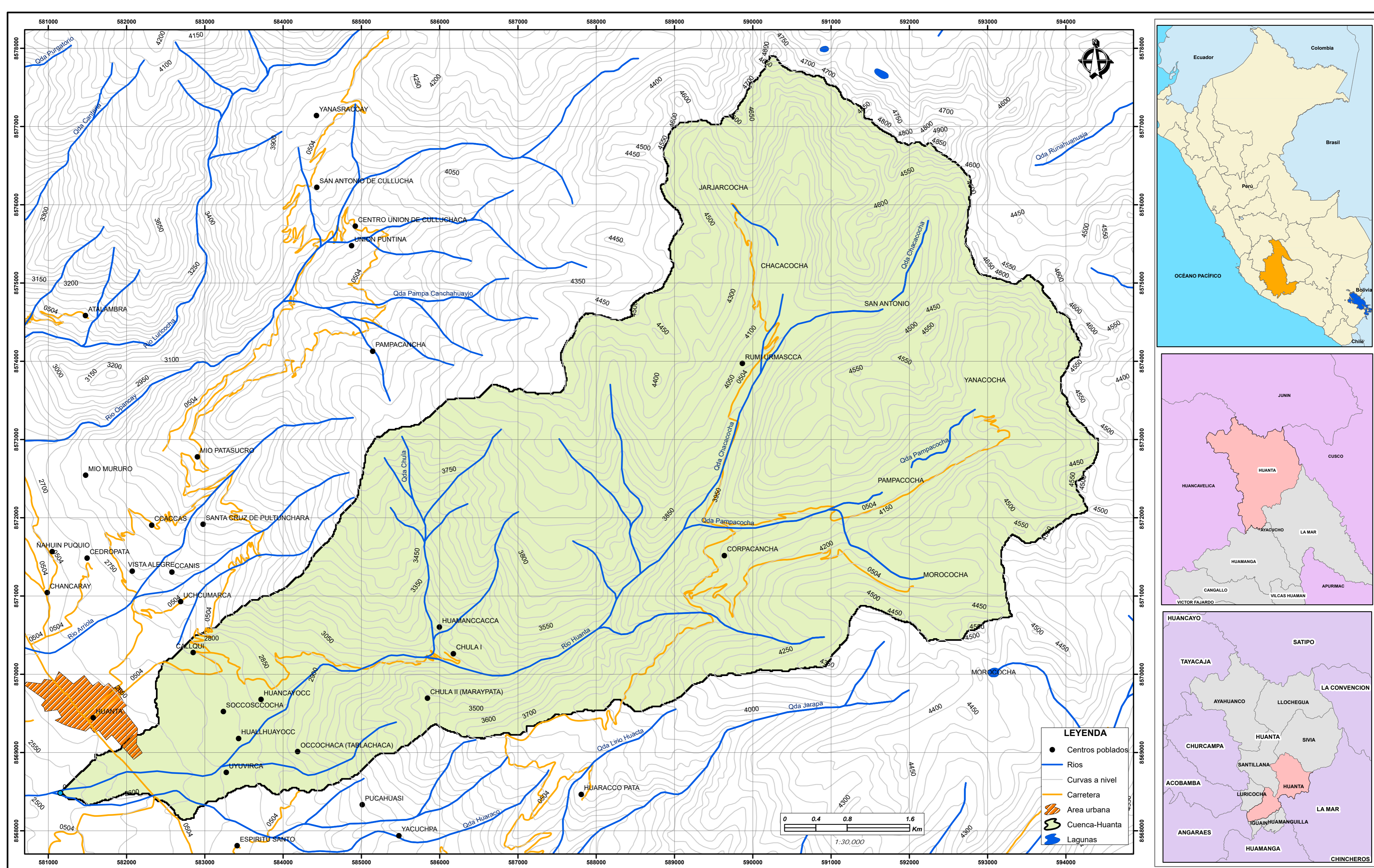
Figura C.4. Levantamiento topográfico.



Figura C.5. Zonas Urbanas del Sector Accoscca.



Figura C.6. Medida de la sección y pendiente para la huella máxima.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA
 PROYECTO: "IDENTIFICACION DE AREAS EN RIESGO DE INUNDACION POR EL RIO HUANTA, A UN KILOMETRO AGUAS ABAJO DEL PUENTE HUANTA SECTOR ACCOSCCA-2020"

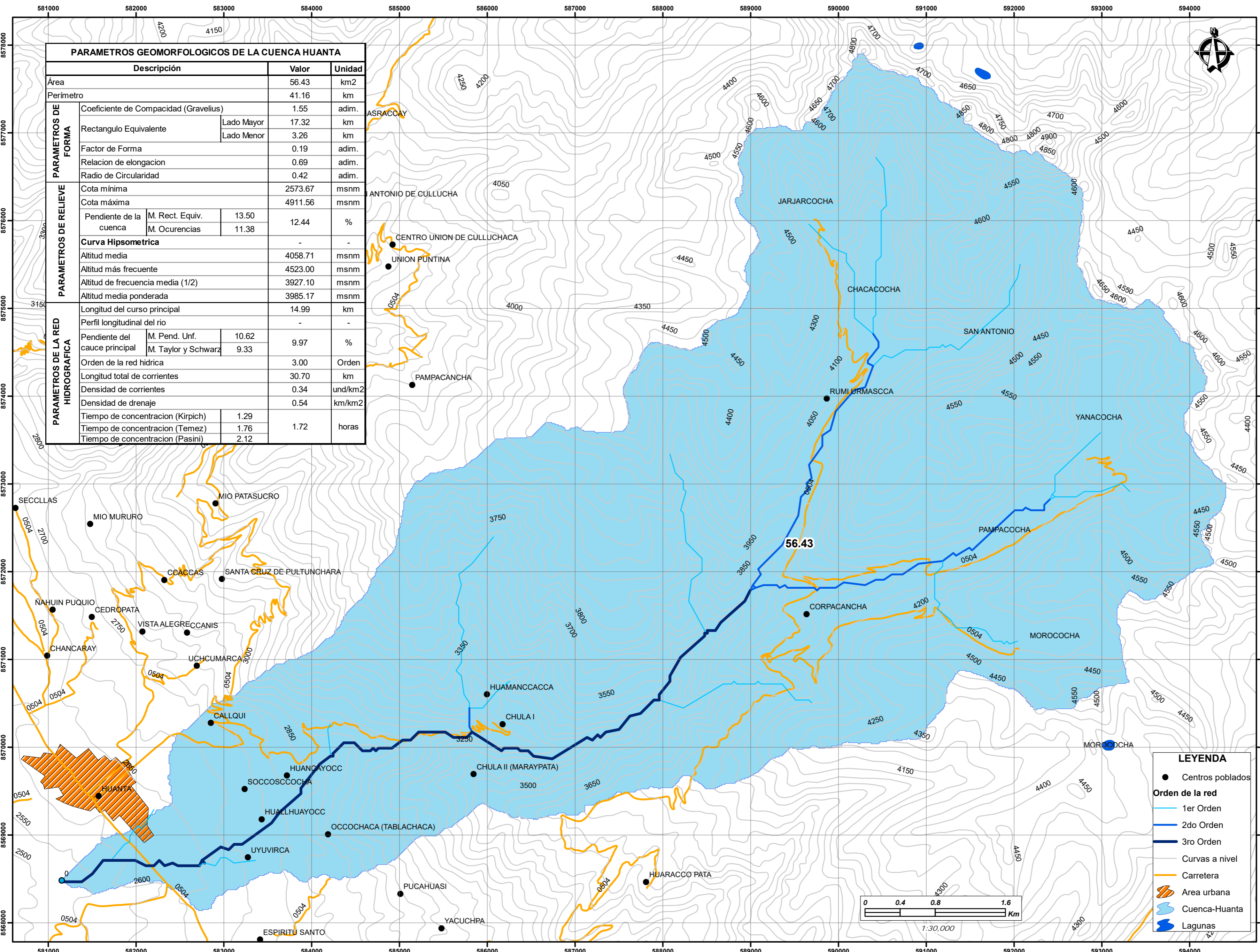


Mapa:
PLANO DE UBICACION DE LA CUENCA HUANTA

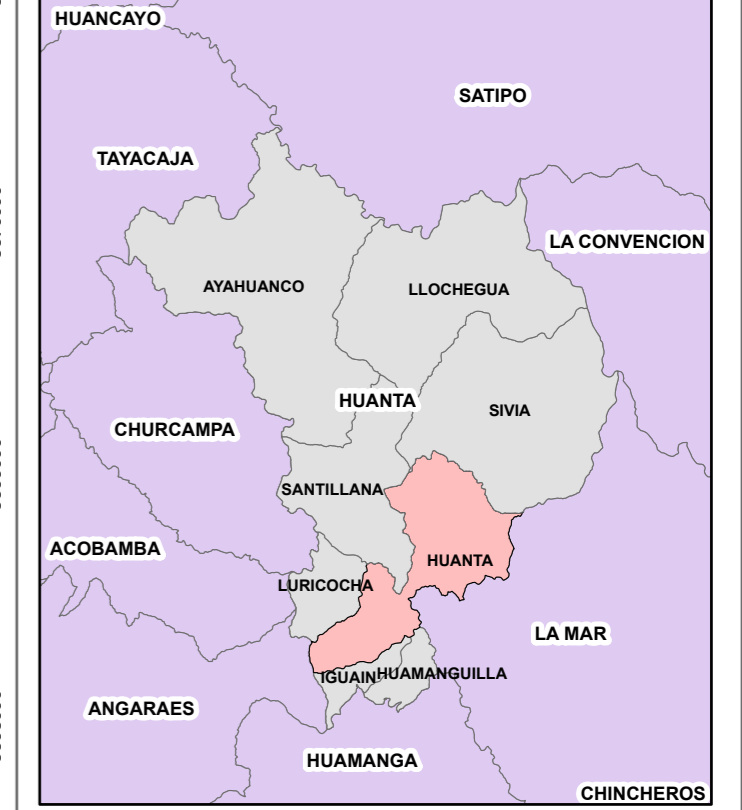
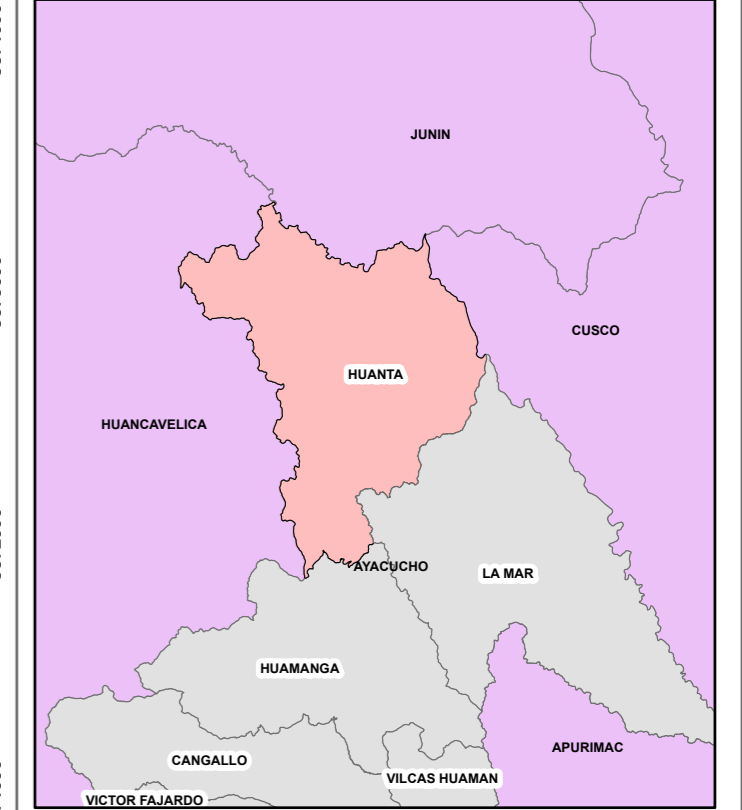
Escala: 1/30000
 Datum: UTM-WGS84-18S

Dibujo: A.V.N.
 Fecha: Noviembre del 2021

Lámina:
PU-01

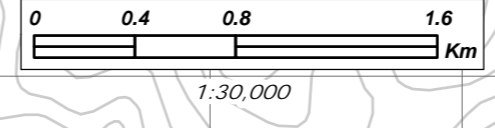


PARAMETROS GEOMORFOLOGICOS DE LA CUENCA HUANTA				
Descripción		Valor	Unidad	
Área		56.43	km ²	
Perímetro		41.16	km	
PARAMETROS DE FORMA	Coeficiente de Compacidad (Gravelius)		1.55 adim.	
	Rectángulo Equivalente	Lado Mayor	17.32 km	
		Lado Menor	3.26 km	
	Factor de Forma		0.19 adim.	
	Relación de elongación		0.69 adim.	
	Radio de Circularidad		0.42 adim.	
PARAMETROS DE RELIEVE	Cota mínima		2573.67 msnm	
	Cota máxima		4911.56 msnm	
	Pendiente de la cuenca	M. Rect. Equiv.	13.50	%
		M. Ocurencias	11.38	
	Curva Hipsométrica		-	-
Altitud media		4058.71 msnm		
Altitud más frecuente		4523.00 msnm		
Altitud de frecuencia media (1/2)		3927.10 msnm		
Altitud media ponderada		3985.17 msnm		
PARAMETROS DE LA RED HIDROGRAFICA	Longitud del curso principal		14.99 km	
	Perfil longitudinal del río		-	
	Pendiente del cauce principal	M. Pend. Unf.	10.62	%
		M. Taylor y Schwarz	9.33	
	Orden de la red hídrica		3.00 Orden	
	Longitud total de corrientes		30.70 km	
	Densidad de corrientes		0.34 und/km ²	
	Densidad de drenaje		0.54 km/km ²	
	Tiempo de concentración (Kirpich)		1.29	horas
	Tiempo de concentración (Temez)		1.76	
Tiempo de concentración (Pasini)		2.12		



LEYENDA

- Centros poblados
- Orden de la red
 - 1er Orden
 - 2do Orden
 - 3ro Orden
- Curvas a nivel
- Carretera
- Area urbana
- Cuenca-Huanta
- Lagunas



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA
 PROYECTO: "IDENTIFICACION DE AREAS EN RIESGO DE INUNDACION POR EL RIO HUANTA, A UN KILOMETRO AGUAS ABAJO DEL PUENTE HUANTA SECTOR ACCOSCCA-2020"

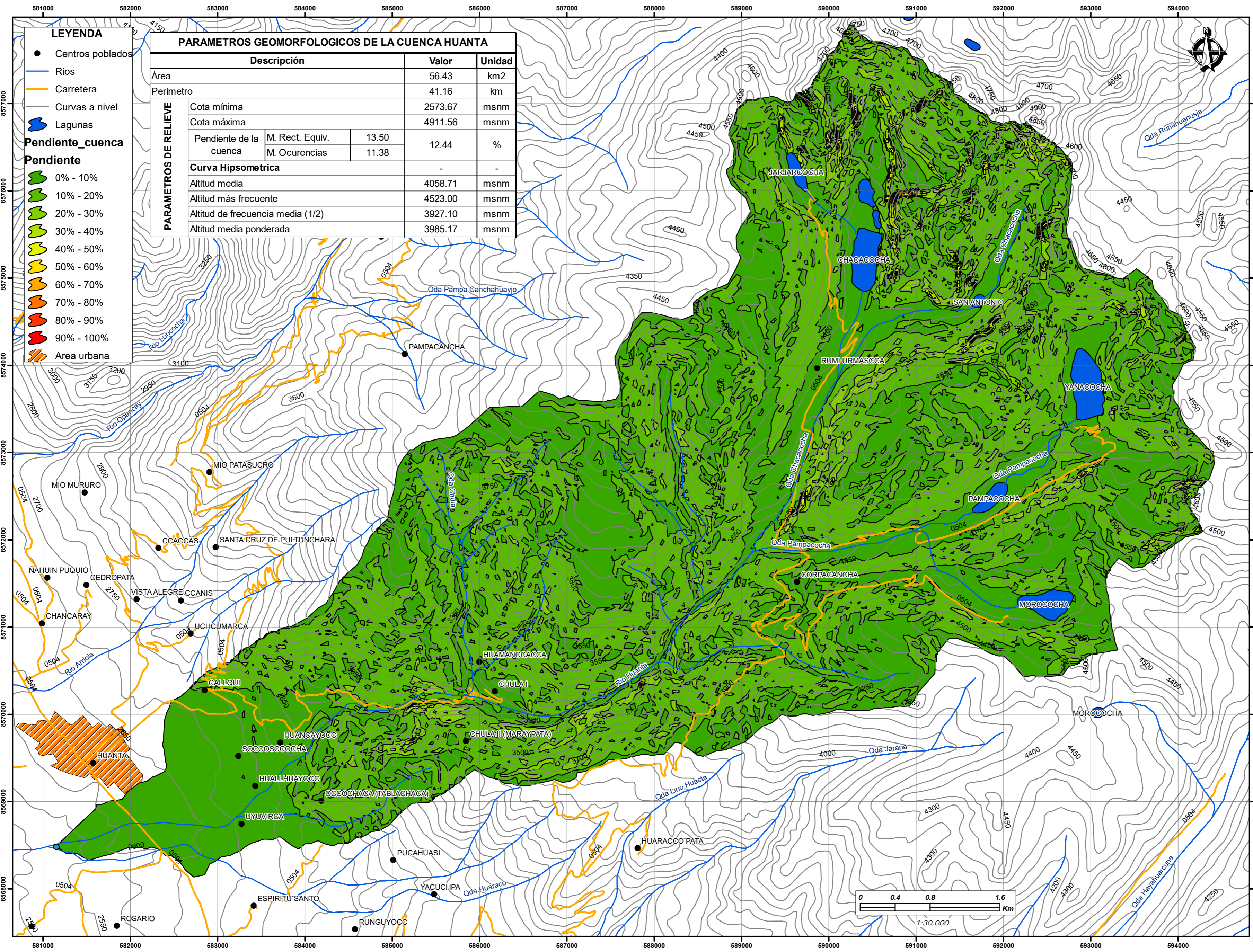


Mapa: **PLANO DE PARAMETROS GEOMORFOLOGICOS DE LA CUENCA HUANTA**

Escala: 1/30000
 Datum: UTM-WGS84-18S

Dibujo: A.V.N.
 Fecha: Noviembre del 2021

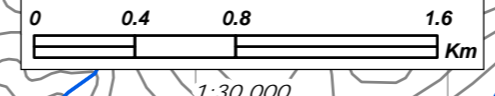
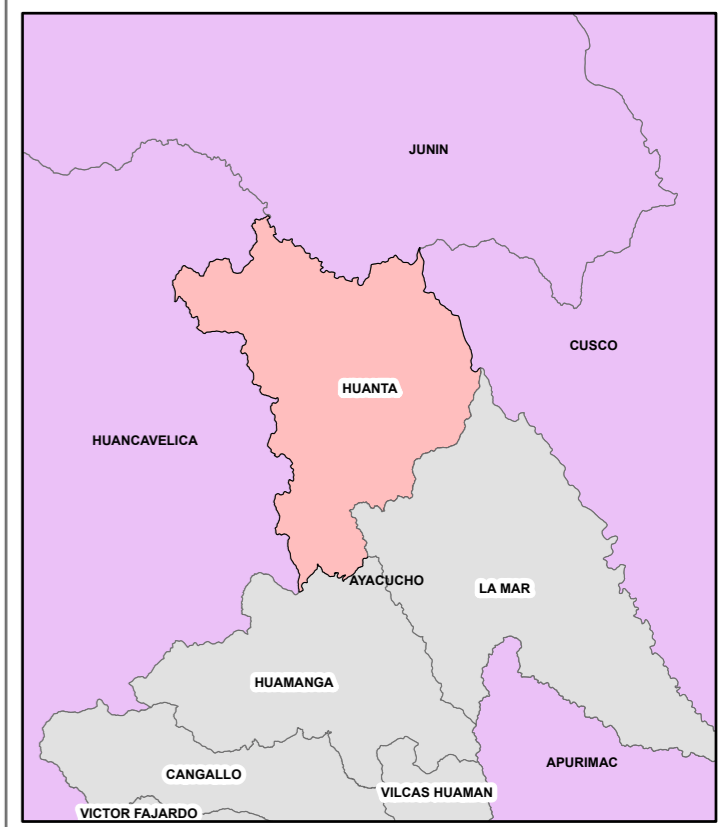
Lámina: **PPG-01**



PARAMETROS GEOMORFOLOGICOS DE LA CUENCA HUANTA

Descripción		Valor	Unidad
Área		56.43	km ²
Perímetro		41.16	km
Cota mínima	M. Rect. Equiv.	13.50	msnm
	M. Ocurencias	11.38	
Cota máxima		4911.56	msnm
Curva Hipsometrica		-	-
Altitud media		4058.71	msnm
Altitud más frecuente		4523.00	msnm
Altitud de frecuencia media (1/2)		3927.10	msnm
Altitud media ponderada		3985.17	msnm

- LEYENDA**
- Centros poblados
 - Rios
 - Carretera
 - Curvas a nivel
 - Lagunas
- Pendiente_cuenca**
- Pendiente**
- 0% - 10%
 - 10% - 20%
 - 20% - 30%
 - 30% - 40%
 - 40% - 50%
 - 50% - 60%
 - 60% - 70%
 - 70% - 80%
 - 80% - 90%
 - 90% - 100%
 - Area urbana



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA

PROYECTO: "IDENTIFICACION DE AREAS EN RIESGO DE INUNDACION POR EL RIO HUANTA, A UN KILOMETRO AGUAS ABAJO DEL PUENTE HUANTA SECTOR ACCOSCCA-2020"



Mapa:

PLANO DE PENDIENTES DE LA CUENCA HUANTA

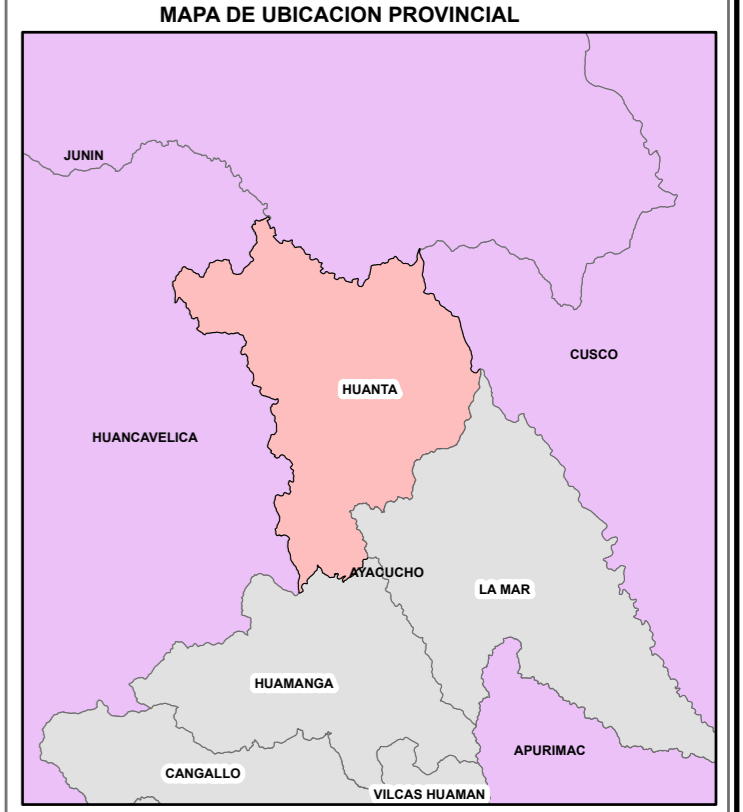
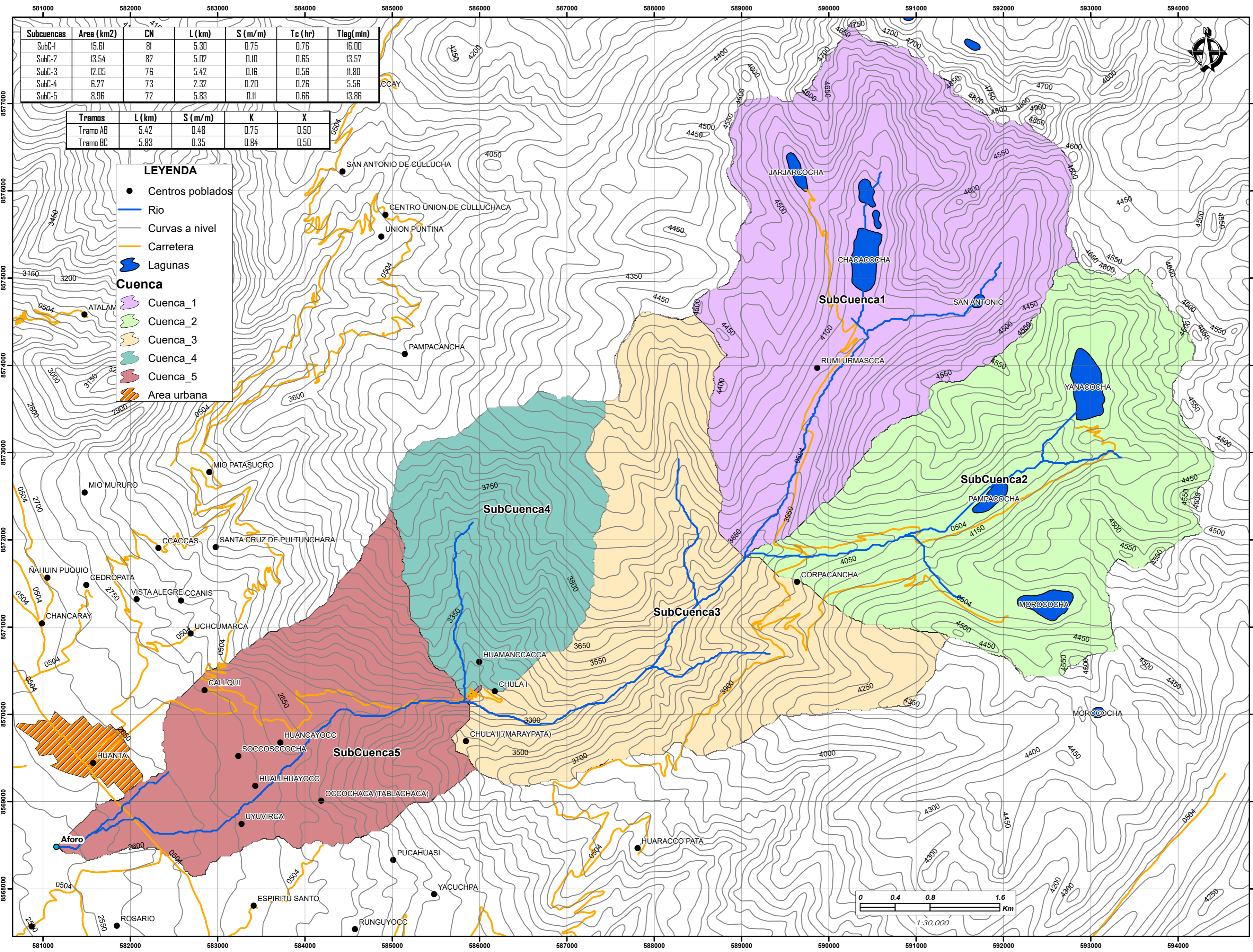
Escala: 1/30000

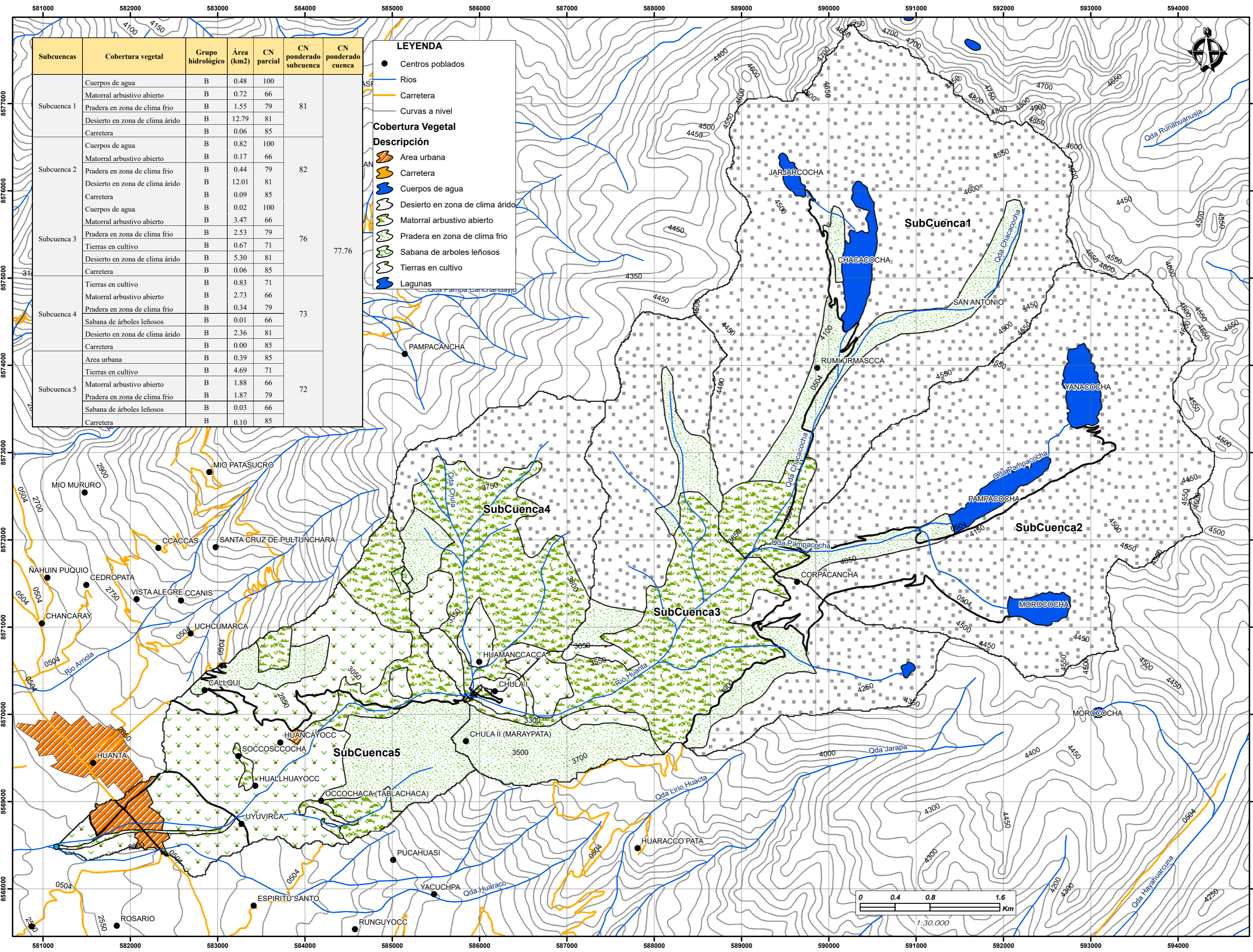
Datum: UTM-WGS84-18S

Dibujo: A.V.N.

Fecha: Noviembre del 2021

Lámina: PS-01





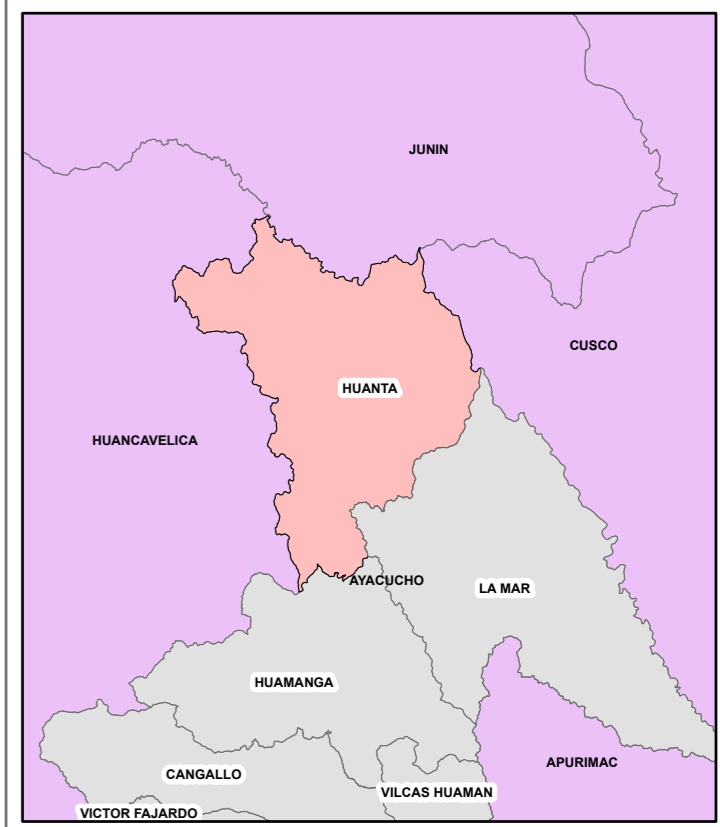
Subcuenca	Cobertura vegetal	Grupo hidrológico	Área (km2)	CN parcial	CN ponderado subcuenca	CN ponderado cuenca
Subcuenca 1	Cuerpos de agua	B	0.48	100	81	77.76
	Matorral arbustivo abierto	B	0.72	66		
	Pradera en zona de clima frío	B	1.55	79		
	Desierto en zona de clima árido	B	12.79	81		
	Carretera	B	0.06	85		
Subcuenca 2	Cuerpos de agua	B	0.82	100	82	
	Matorral arbustivo abierto	B	0.17	66		
	Pradera en zona de clima frío	B	0.44	79		
	Desierto en zona de clima árido	B	12.01	81		
	Carretera	B	0.09	85		
Subcuenca 3	Cuerpos de agua	B	0.02	100	76	
	Matorral arbustivo abierto	B	3.47	66		
	Pradera en zona de clima frío	B	2.53	79		
	Tierras en cultivo	B	0.67	71		
	Desierto en zona de clima árido	B	5.30	81		
Subcuenca 4	Carretera	B	0.06	85	73	
	Tierras en cultivo	B	0.83	71		
	Matorral arbustivo abierto	B	2.73	66		
	Pradera en zona de clima frío	B	0.34	79		
	Sabana de árboles leñosos	B	0.01	66		
Subcuenca 5	Desierto en zona de clima árido	B	2.36	81	72	
	Carretera	B	0.00	85		
	Area urbana	B	0.39	85		
	Tierras en cultivo	B	4.69	71		
	Matorral arbustivo abierto	B	1.88	66		
	Pradera en zona de clima frío	B	1.87	79		
	Sabana de árboles leñosos	B	0.03	66		
	Carretera	B	0.10	85		

LEYENDA

- Centros poblados
- Rios
- Carretera
- Curvas a nivel

Cobertura Vegetal Descripción

- Area urbana
- Carretera
- Cuerpos de agua
- Desierto en zona de clima árido
- Matorral arbustivo abierto
- Pradera en zona de clima frío
- Sabana de árboles leñosos
- Tierras en cultivo
- Lagunas



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA
 PROYECTO: "IDENTIFICACION DE AREAS EN RIESGO DE INUNDACION POR EL RIO HUANTA, A UN KILOMETRO AGUAS ABAJO DEL PUENTE HUANTA SECTOR ACCOSCCA-2020"

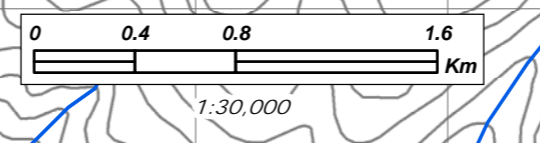


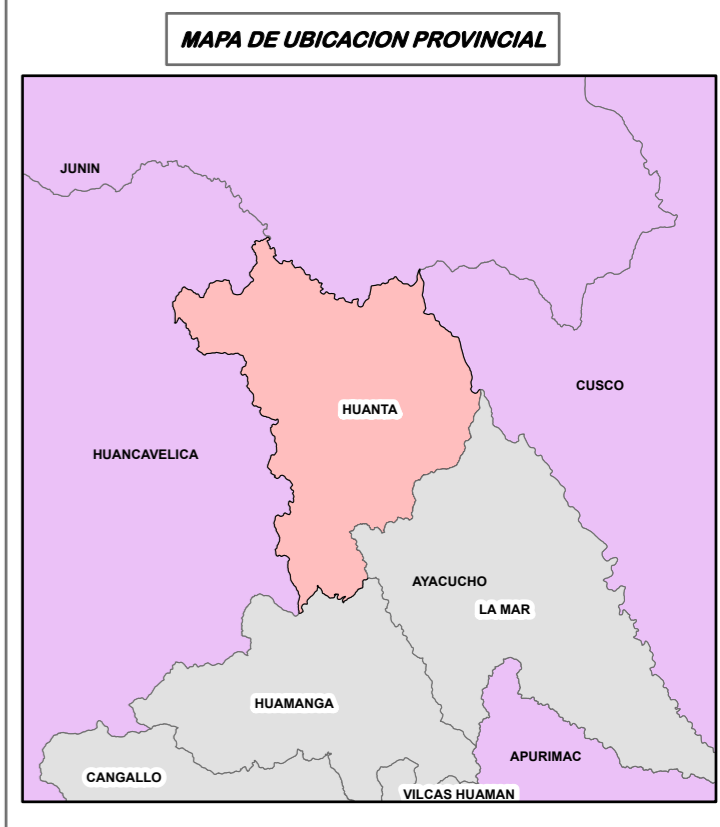
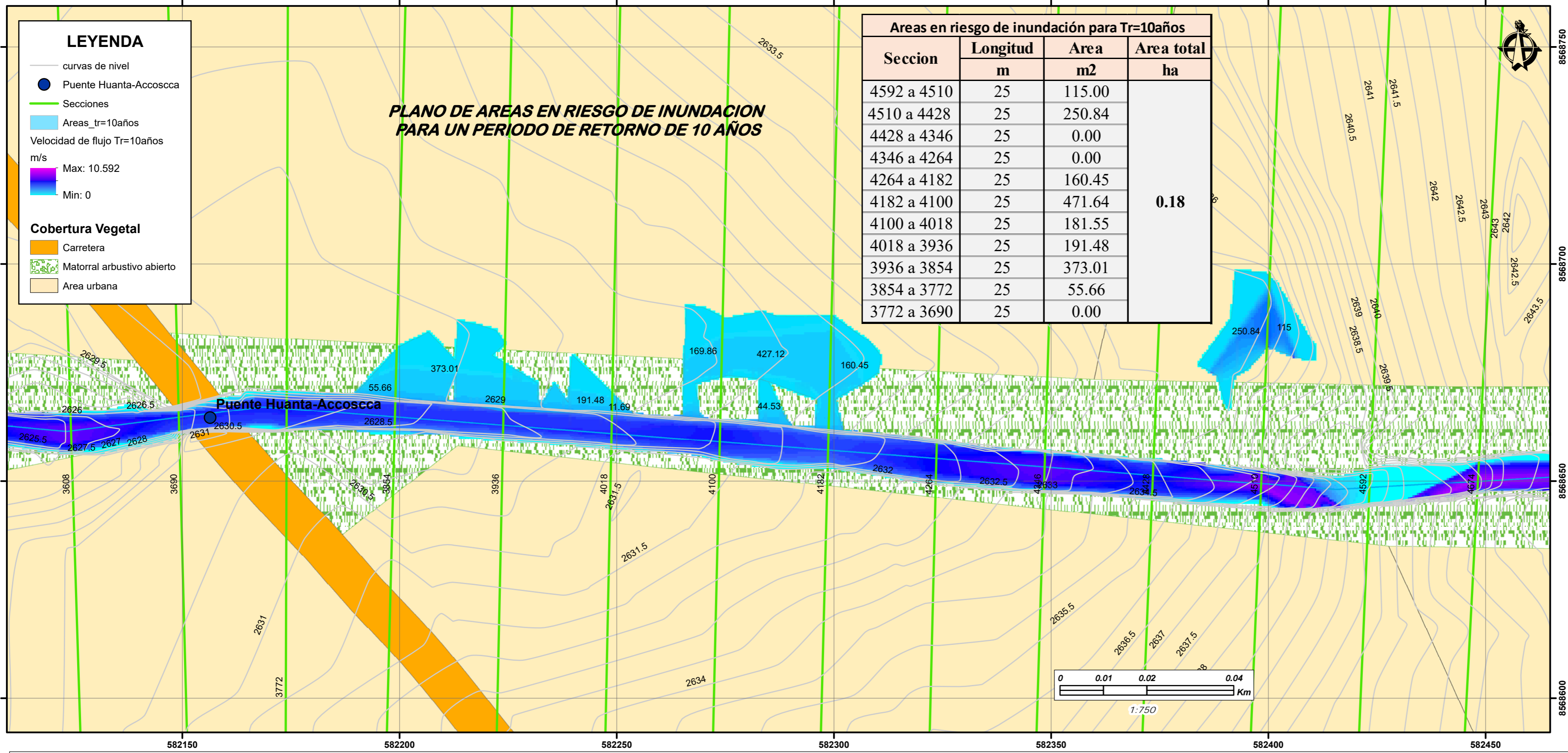
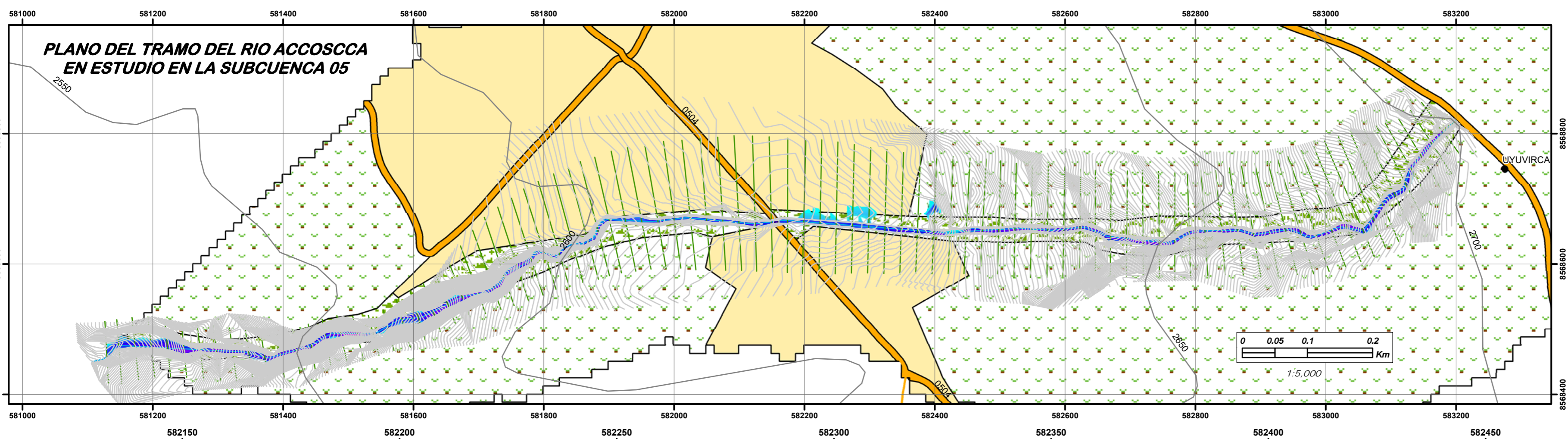
Mapa:
PLANO DE COBERTURA VEGETAL DEL SUELO

Escala: 1/30000
 Datum: UTM-WGS84-18S

Dibujo: A.V.N.
 Fecha: Noviembre del 2021

Lámina:
PCV-01PS01





UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA
 PROYECTO: "IDENTIFICACION DE AREAS EN RIESGO DE INUNDACION POR EL RIO HUANTA, A UN KILOMETRO AGUAS ABAJO DEL PUENTE HUANTA SECTOR ACCOSCCA-2020"

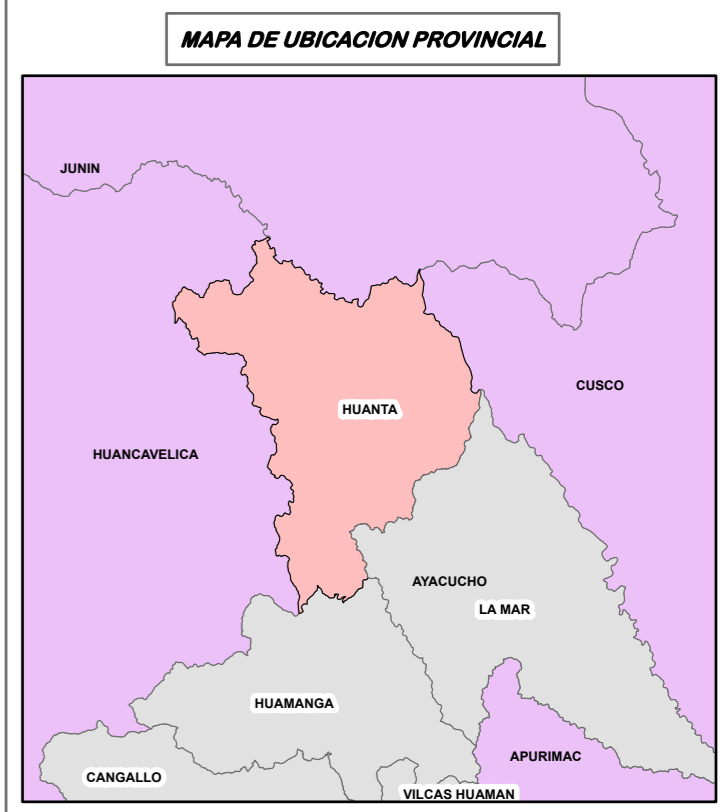
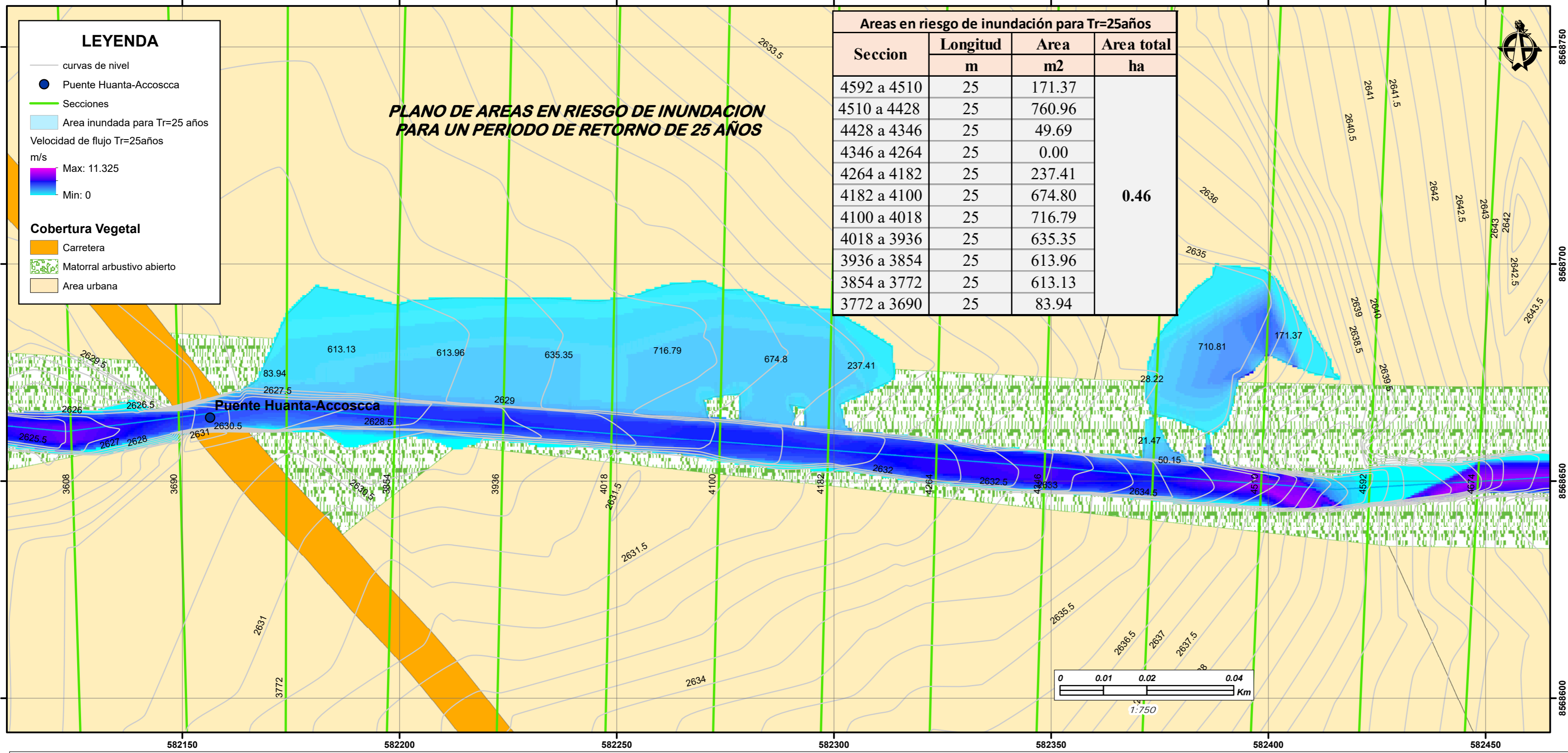
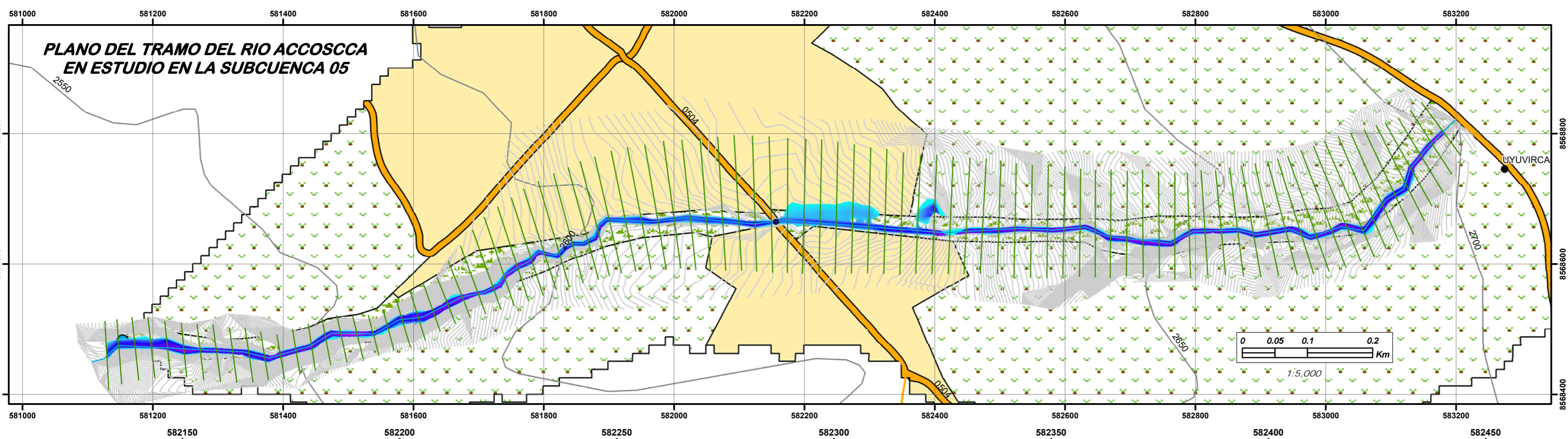


Mapa:
PLANO DE AREAS EN RIESGO DE INUNDACION PARA TR=10 AÑOS

Escala: **INDICADA**
 Datum: **UTM-WGS84-18S**

Dibujo: **A.V.N.**
 Fecha: **Noviembre del 2021**

Lámina:
PAI-01



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA
 PROYECTO: "IDENTIFICACION DE AREAS EN RIESGO DE INUNDACION POR EL RIO HUANTA, A UN KILOMETRO AGUAS ABAJO DEL PUENTE HUANTA SECTOR ACCOSCCA-2020"

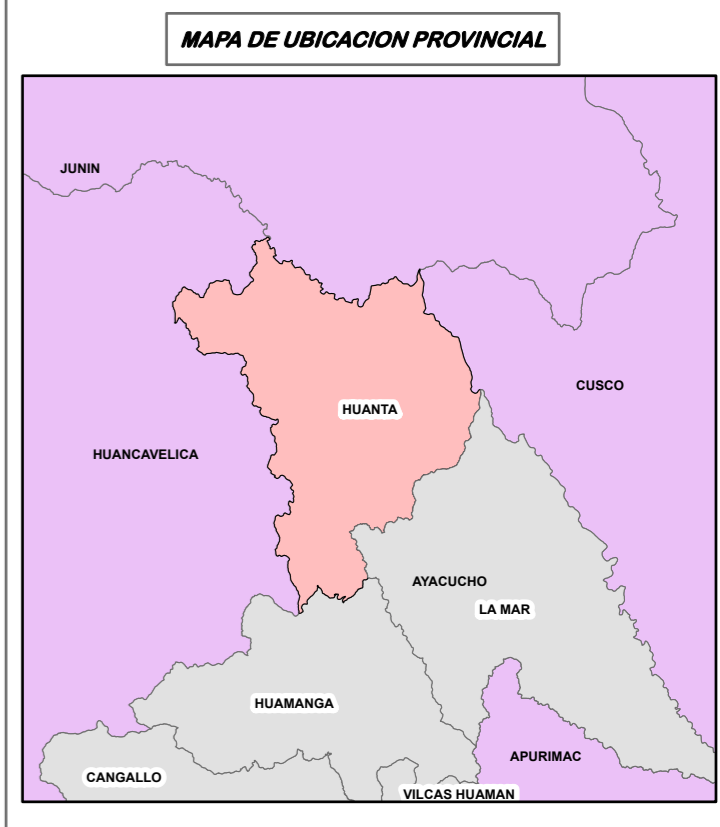
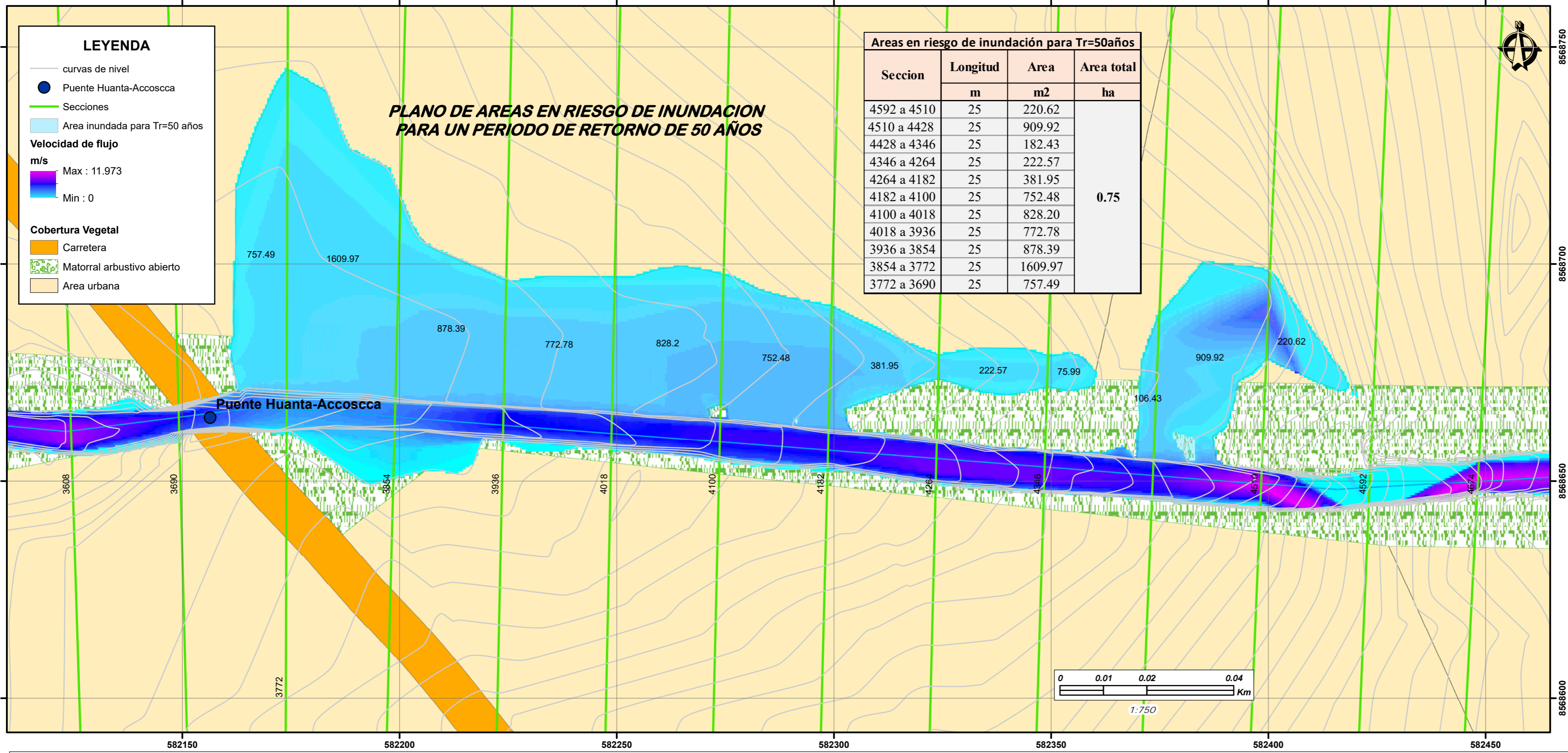
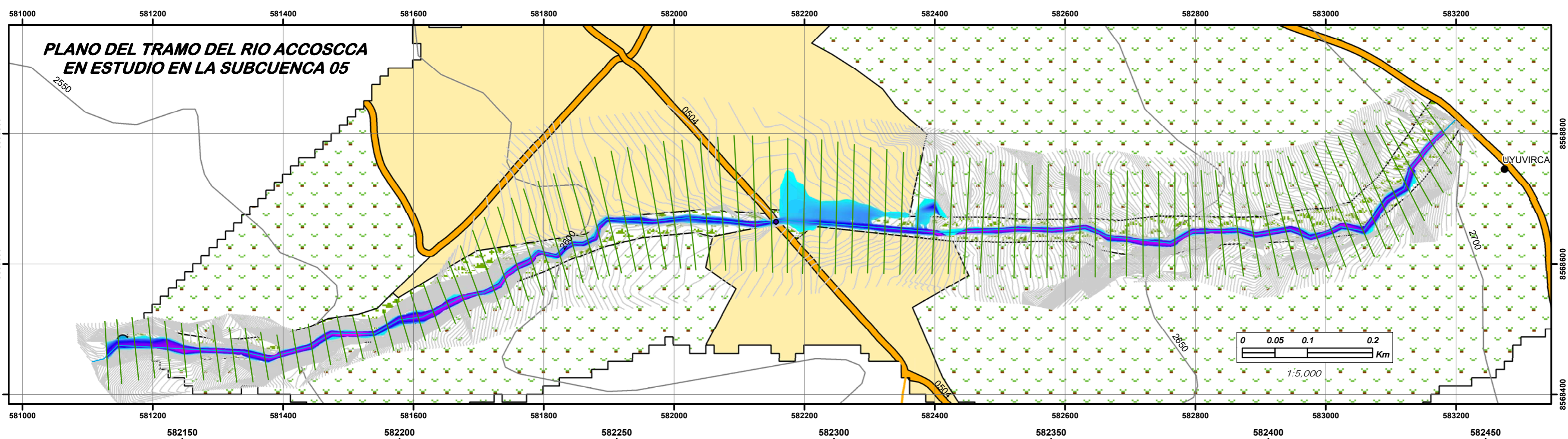


Mapa:
PLANO DE AREAS EN RIESGO DE INUNDACION PARA TR=25 AÑOS

Escala: **INDICADA**
 Datum: **UTM-WGS84-18S**

Dibujo: **A.V.N.**
 Fecha: **Noviembre del 2021**

Lámina:
PAI-02



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA
 PROYECTO: "IDENTIFICACION DE AREAS EN RIESGO DE INUNDACION POR EL RIO HUANTA, A UN KILOMETRO AGUAS ABAJO DEL PUENTE HUANTA SECTOR ACCOSCCA-2020"

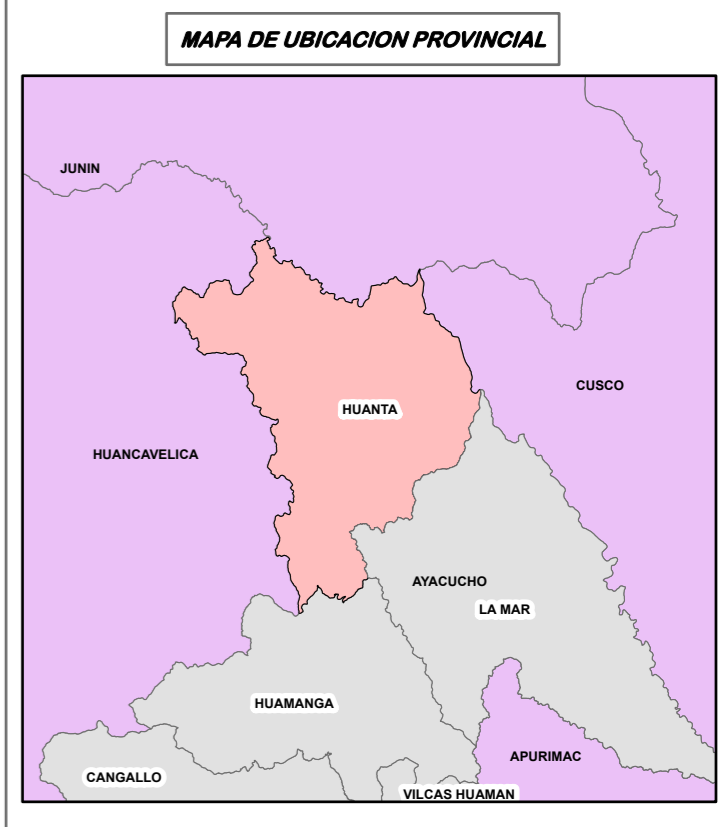
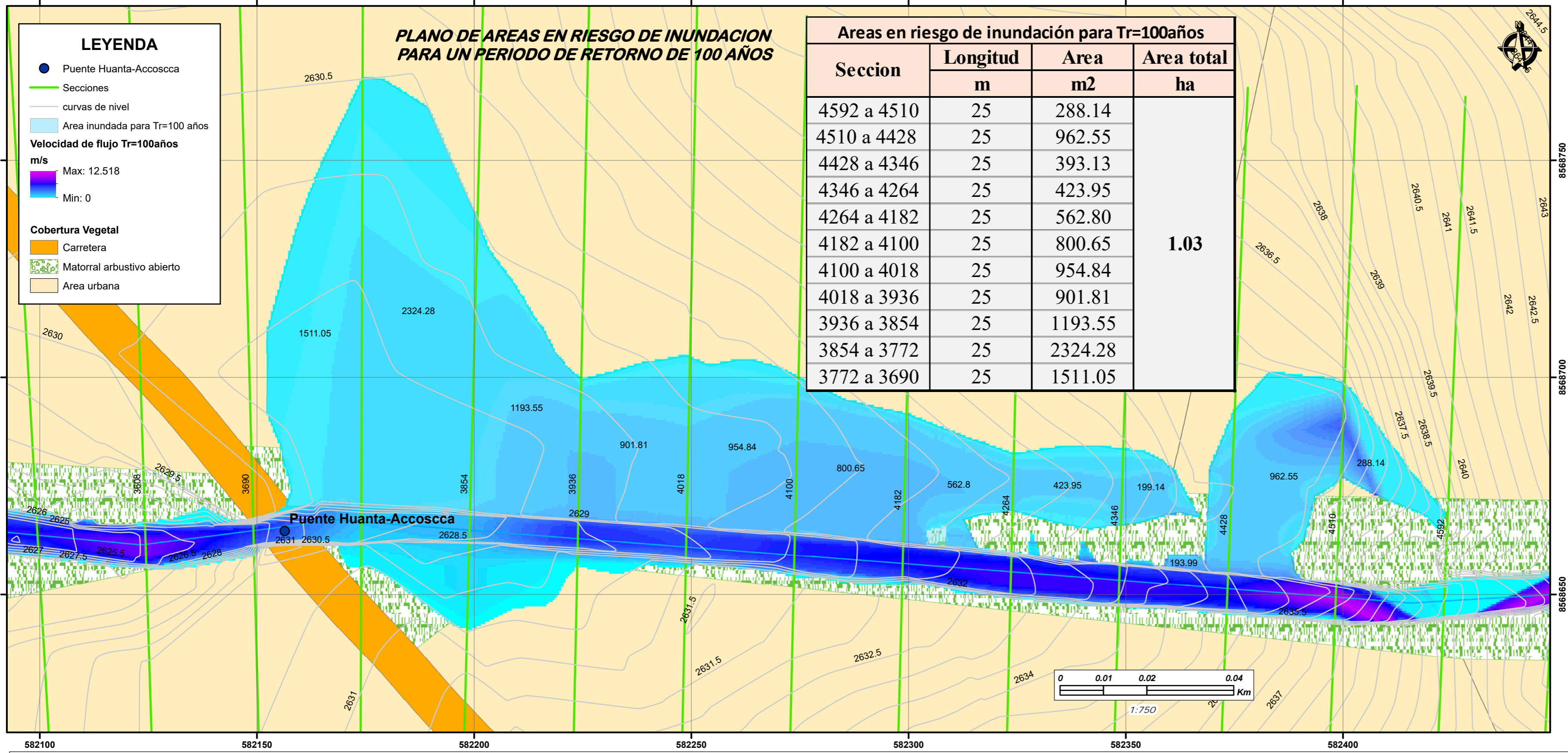
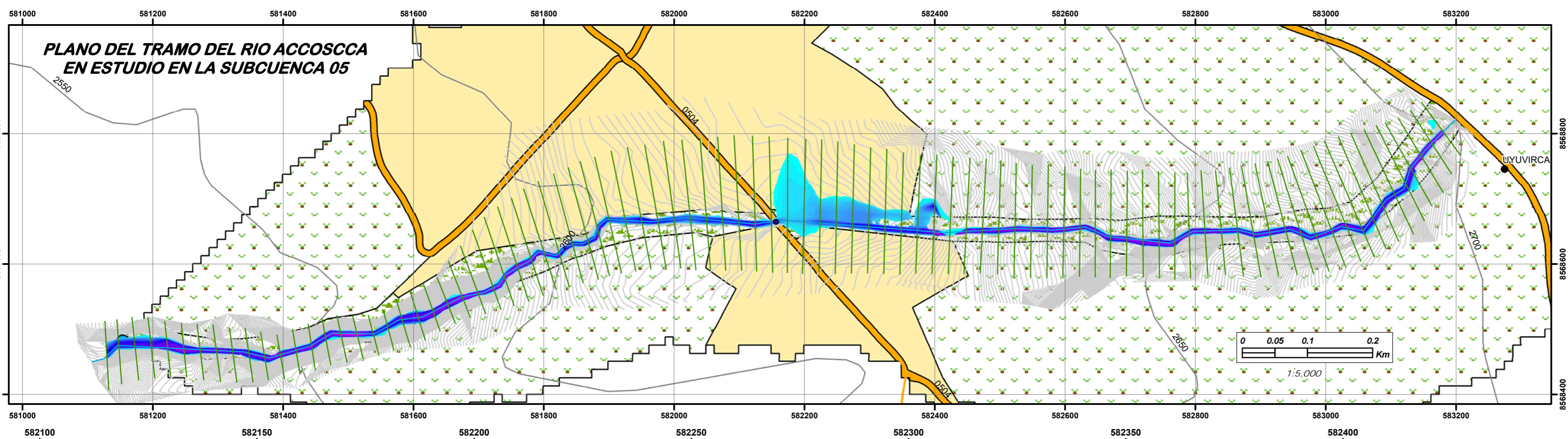


Mapa:
PLANO DE AREAS EN RIESGO DE INUNDACION PARA TR=50 AÑOS

Escala: **INDICADA**
 Datum: **UTM-WGS84-18S**

Dibujo: **A.V.Ñ.**
 Fecha: **Noviembre del 2021**

Lámina:
PAI-03



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA
 PROYECTO: "IDENTIFICACION DE AREAS EN RIESGO DE INUNDACION POR EL RIO HUANTA, A UN KILOMETRO AGUAS ABAJO DEL PUENTE HUANTA SECTOR ACCOSCCA-2020"



Mapa:
PLANO DE AREAS EN RIESGO DE INUNDACION PARA TR=100 AÑOS

Escala: **INDICADA**
 Datum: **UTM-WGS84-18S**

Dibujo: **A.V.Ñ.**
 Fecha: **Noviembre del 2021**

Lámina:
PAI-04



UNSCH

FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

El presidente de la comisión de docentes instructores responsables de operativizar, verificar, garantizar y controlar la originalidad de los trabajos de tesis de la Facultad de Ciencias Agrarias, deja constancia que el trabajo de tesis titulado;

Identificación de áreas en riesgo de inundación por el río Huanta, a un kilómetro aguas abajo del puente Huanta sector accoscca-2020

Autor : Alfredo Vargas Ñaupá

Asesor : Efraín Chuchón Prado

Ha sido sometido al análisis del sistema antiplagio TURNITIN concluyendo que presenta un porcentaje de 22 % de similitud.

Por lo que, de acuerdo al porcentaje establecido en el Artículo 13 del Reglamento de originalidad de trabajos de investigación de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, es procedente otorgar la Constancia de Originalidad.

Ayacucho, 27 de octubre de 2022

Ing. WALTER AUGUSTO MATEU MATEO
Presidente de comisión

Identificación de áreas en riesgo de inundación por el río Huanta, a un kilómetro aguas abajo del puente Huanta sector Accoscca-2022

por Alfredo Vargas Ñaupá

Fecha de entrega: 27-oct-2022 11:06p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1937531551

Nombre del archivo: TESIS-AlfredoVargas_aupa.pdf (4.03M)

Total de palabras: 21278

Total de caracteres: 103431

Identificación de áreas en riesgo de inundación por el río Huanta, a un kilómetro aguas abajo del puente Huanta sector Accoscca-2022

INFORME DE ORIGINALIDAD

22%

INDICE DE SIMILITUD

23%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

13%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	5%
2	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	1%
3	es.slideshare.net Fuente de Internet	1%
4	repositorio.unj.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
7	pirhua.udep.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	es.scribd.com Fuente de Internet	1%

9	orcid.org Fuente de Internet	1 %
10	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	1 %
11	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	1 %
12	livrosdeamor.com.br Fuente de Internet	1 %
13	dokumen.tips Fuente de Internet	1 %
14	repositorio.unjbg.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	Submitted to Universidad Ricardo Palma Trabajo del estudiante	<1 %
16	www3.uah.es Fuente de Internet	<1 %
17	Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
18	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
19	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
20	repositorio.uap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

21	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
22	www.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
23	pt.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
24	repositorio.ujcm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
25	docslide.us Fuente de Internet	<1 %
26	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
27	purl.org Fuente de Internet	<1 %
28	cef.uca.edu.sv Fuente de Internet	<1 %
29	repositorio.tec.mx Fuente de Internet	<1 %
30	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
31	issuu.com Fuente de Internet	<1 %

32 Submitted to Universidad Nacional Autonoma de Chota <1 %
Trabajo del estudiante

33 repositorio.udh.edu.pe <1 %
Fuente de Internet

34 ribuni.uni.edu.ni <1 %
Fuente de Internet

35 oa.upm.es <1 %
Fuente de Internet

36 repositorio.uns.edu.pe <1 %
Fuente de Internet

37 tesis.ucsm.edu.pe <1 %
Fuente de Internet

38 qdoc.tips <1 %
Fuente de Internet

39 Submitted to Universidad Católica de Santa María <1 %
Trabajo del estudiante

40 repositorio.unasam.edu.pe <1 %
Fuente de Internet

41 repositorio.ana.gob.pe <1 %
Fuente de Internet

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo